

Convention tripartite SODECOTON/IRAD/CIRAD – Campagne 2012/2013

Agronomie

Opération redressement de l'acidité des sols

Résultats des essais redressement d'acidité des sols campagne 2012/2013

Hervé GUIBERT, Jean-Paul OLINA BASSALA, Mathurin M'BIANDOUM et Joseph EKORONG

Avril 2013

TABLE DES MATIERES

1	Objectifs de l'étude.....	7
2	Matériel et méthodes.....	7
2.1	Site d'étude.....	8
2.2	Les différents essais	8
2.2.1	Essai 1 : correction acidité et fumure vulgarisée réduite.....	8
2.2.2	Essai 2 : correction acidité et fumure neutre.....	8
2.2.3	Essai 3 : correction acidité et fumure neutre réduite.....	9
2.2.4	Essai 4 : correction acidité et fumure vulgarisé complète	9
2.2.5	Observations et comptages	10
2.3	Mises en place.....	10
3	Résultats	11
3.1	Observations en cours de campagne	11
3.1.1	Densités de culture	11
3.1.2	Hauteurs des cultures.....	14
3.1.3	Nombre de nœuds.....	17
3.1.4	Cotations d'enherbement.....	19
3.1.5	Floraison.....	21
3.1.6	Shedding d'organes attaqués ou sains.....	24
3.1.6.1	Boutons floraux	24
3.1.6.2	Capsules	26
3.1.6.3	Proportion de capsules tombées par rapport aux capsules retenues	29
3.2	Composantes du rendement et production.....	31
3.2.1	Composantes du rendement	31
3.2.1.1	Densité à la récolte	31
3.2.1.2	Capsulaison	32
3.2.1.3	Poids moyen capsulaire	34
3.2.2	Production coton-graine.....	37
3.2.2.1	Précocité de la production.....	40
3.3	Impacts sur l'acidité des sols	43
3.3.1	pH eau	43
3.3.2	pH KCl	44
3.4	Etude économique.....	48
4	Conclusions et perspectives.....	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : valorisation économique des fumures complètes épandues sur les essais de Djalingo, Nord Cameroun, campagne 2012. 48

Tableau 2 : valorisation économique des fumures complètes et chaux épandues sur les essais de Djalingo, Nord Cameroun, campagne 2012. FV : fumure vulgarisée ; FN: fumure neutre ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha..... 49

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : pluviométrie décadaire sur le site des essais.....	11
Figure 2 : densités de cotonniers observées sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012.	12
Figure 3 : densités de cotonniers observées sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012.....	13
Figure 4 : densités de cotonniers observées sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012.....	13
Figure 5 : densités de cotonniers observées sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012.....	13
Figure 6 : hauteurs moyennes des plants de cotonniers observées sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012.....	14
Figure 7 : hauteurs moyennes des plants de cotonniers observées sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012.....	15
Figure 8 : hauteurs moyennes des plants de cotonniers observées sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012.....	15
Figure 9 : hauteurs moyennes des plants de cotonniers observées sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012.....	16
Figure 10 : nombre de nœuds observé sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun) à 82 jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.	17
Figure 11 : nombre de nœuds observé sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun) à 75 jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans	

fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05..... 17

Figure 12 : nombre de nœuds observé sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun) à 78 jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; FNR : fumure neutre réduite ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05. 18

Figure 13 : nombre de nœuds observé sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun) à 79 jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05. 18

Figure 14 : cotation visuelle d'enherbement sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents jours après levée (JAL), campagne 2012..... 19

Figure 15 : cotation visuelle d'enherbement sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents jours après levée (JAL), campagne 2012..... 20

Figure 16 : cotation visuelle d'enherbement sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents jours après levée (JAL), campagne 2012..... 20

Figure 17 : cotation visuelle d'enherbement sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun) à 47 jours après levée (JAL), campagne 2012. 21

Figure 18 : nombre de fleurs du jour moyen sur un mois sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents jours après levée (JAL), campagne 2012.... 22

Figure 19 : nombre de fleurs du jour moyen sur un mois sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents jours après levée (JAL), campagne 2012.... 22

Figure 20 : nombre de fleurs du jour moyen sur un mois sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents jours après levée (JAL), campagne 2012.... 23

Figure 21 : nombre de fleurs du jour moyen sur un mois l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun) à 47 jours après levée (JAL), campagne 2012. 23

Figure 22 : shedding de boutons floraux sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun)..... 24

Figure 23 : shedding de boutons floraux sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. 25

Figure 24 : shedding de boutons floraux sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. 25

Figure 25 : shedding de boutons floraux sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012.. 26

Figure 26 : shedding de capsules sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun). 27

Figure 27 : shedding de capsules sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012..... 27

Figure 28 : shedding de capsules sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012..... 28

Figure 29 : shedding de capsules sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012.....	28
Figure 30 : proportion de capsules tombées pendant un mois (saines et attaquées) sur capsules à la récolte sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun).....	29
Figure 31 : proportion de capsules tombées pendant un mois (saines et attaquées) sur capsules à la récolte sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012.....	30
Figure 32 : proportion de capsules tombées pendant un mois (saines et attaquées) sur capsules à la récolte sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012.....	30
Figure 33 : proportion de capsules tombées pendant un mois (saines et attaquées) sur capsules à la récolte sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012.....	31
Figure 34 : nombre de capsules par plants et par are à la récolte sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun).....	32
Figure 35 : nombre de capsules par plants et par are à la récolte sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012.	33
Figure 36 : nombre de capsules par plants et par are à la récolte sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012.	33
Figure 37 : proportion nombre de capsules par plants et par are à la récolte sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012.	34
Figure 38 : poids moyen d'une capsule sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun). e ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.	35
Figure 39 : poids moyen d'une capsule sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. nt pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.	35
Figure 40 : poids moyen d'une capsule sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012.....	36
Figure 41 : poids moyen d'une capsule sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. T.....	36
Figure 42 : rendement coton-graine sur l'essai 1 à Djalingo.	37
Figure 43 : rendement coton-graine sur l'essai 2 à Djalingo	38
Figure 44 : rendement coton-graine sur l'essai 3 à Djalingo.	39
Figure 45 : rendement coton-graine sur l'essai 4 à Djalingo	40
Figure 46 : précocité de la récolte sur l'essai 1 à Djalingo	41
Figure 47 : précocité de la récolte sur l'essai 2 à Djalingo	41
Figure 48 : précocité de la récolte sur l'essai 3 à Djalingo.	42
Figure 49 : précocité de la récolte sur l'essai 4 à Djalingo	42
Figure 50 : pH eau des sols mesurés sur l'essai 1 à Djalingo.....	43

Figure 51 : pH eau sur l'essai 3 à Djalingo.....	44
Figure 52 : pH eau sur l'essai 4 à Djalingo.....	44
Figure 53 : pH KCl des sols mesurés sur l'essai 1 à Djalingo	45
Figure 54 : pH KCl des sols mesurés sur l'essai 2 à Djalingo.	46
Figure 55 : pH KCl sur l'essai 3 à Djalingo	47
Figure 56 : pH KCl sur l'essai 4 à Djalingo.....	47

Résultats des essais redressement d'acidité des sols campagne 2012/2013

Hervé GUIBERT, Jean-Paul OLINA BASSALA, Mathurin M'BIANDOUM et Joseph EKORONG
Avril 2013

1 Objectifs de l'étude

Les sols ferrugineux tropicaux qui représentent une partie importante des sols cultivés de la zone cotonnière sont susceptibles en culture continue de s'acidifier si le bilan minéral n'est pas équilibré. L'an dernier, l'étude indicateur d'acidité de sols a montré que sur 72 placettes observés sur deux villages situés sur ces sols, 29 (40 %) avaient un pH inférieur à 6,0 et 4 inférieurs à 5,5.

Le chaulage est généralement utilisé pour redresser l'acidité des sols. Mais le coût de cette opération n'était pas envisageable s'il faut importer la chaux agricole en raison du coût du transport et des quantités généralement préconisées. Or une usine fabrique de la chaux au cœur de la zone cotonnière (Figuil) et exporte sa production au sud du Cameroun et au Nigéria et pourrait proposer un prix du kg de chaux rendu Garoua autours de 50 à 60 KFCFA la tonne.

Pour autant, peu de producteurs au vu de leur faible niveau d'investissement et de l'insécurité foncière peut envisager de mettre des doses massives de chaux, même à ce prix. Ces sols acides sont dégradés et ne peuvent généralement pas permettre de valoriser la fumure minérale actuellement vulgarisée qui a été conçue pour compenser les exportations de la culture cotonnière à des niveaux de rendement bien supérieurs à ceux qu'on observe sur ces sols.

L'idée était alors de voir dans quelle mesure la substitution de la moitié de cette fumure vulgarisée par un apport faible de chaux pourrait à la fois être performant au niveau économique et remonter substantiellement le pH des sols. Ainsi le producteur ne fait pas d'investissement et peut répéter cette fumure jusqu'à obtention d'un pH correct de ses sols. Au vu des faibles capacités d'échange de ces sols, une faible dose de chaux peut effectivement avoir un impact sur l'acidité.

2 Matériel et méthodes

Quatre essais ont été mis en place, chacun ayant un objectif spécifique. Le premier essai compare les doses témoin, fumure vulgarisée, fumure vulgarisée réduite et fumure vulgarisée réduite avec ajout de quatre doses croissantes de chaux (0,5 ; 1 ; 2 et 5 T/ha). Il s'agit de savoir s'il est pertinent de remplacer la moitié de la fumure vulgarisée par de la chaux et à quelle dose. Le second essai compare le témoin, la fumure vulgarisée, la fumure neutre et la fumure neutre avec un ajout de chaux (1T/ha) et l'objectif est de voir quelle fumure aura le meilleur impact sur

l'acidité des sols. Le troisième essai est l'équivalent du second avec les demi-doses : comparaison de témoin, fumure vulgarisée réduite, fumure neutre réduite et fumure neutre réduite avec de la chaux à 1T/ha. Le quatrième essai est le pendant du premier avec les demis doses : sont comparées témoin, fumure vulgarisée réduite et fumure vulgarisée réduite avec ajout de quatre doses croissantes de chaux (0,5 ; 1 ; 2 et 5 T/ha)

2.1 Site d'étude

Point d'appui de Djalingo, sur les parcelles d'étude des relations acidité et nodulation de l'arachide de 2011/2012 qui ont montré que le pH_{eau} de ces parcelles s'échelonnait de 4,95 à 5,9.

2.2 Les différents essais

2.2.1 *Essai 1 : correction acidité et fumure vulgarisée réduite*

7 traitements, 12 répétitions, 84 parcelles. Surface d'une parcelle élémentaire = 5 lignes de 16,85 m (67 m²), surface utile parcelle élémentaire = 3 lignes de 16,85 m (40 m²). Surface essai : 5 663,1 m², surface totale essai (avec bordures) : 5 946 m².

1. T = Témoin sans apport
2. FV = Fumure vulgarisée : 200 kg/ha d'engrais complet [NPKSB 22-10-15-5-1] - à 15 JAL et 50 kg/ha d'urée à 35 JAL)
3. FVR = Fumure vulgarisée réduite : 100 kg/ha d'engrais complet [NPKSB 22-10-15-5-1] - à 15 JAL et 50 kg/ha d'urée à 35 JAL
4. FVR + CD1 = Fumure vulgarisée réduite + 0,5 t/ha de chaux agricole
5. FVR + CD2 = Fumure vulgarisée réduite + 1 t/ha de chaux agricole
6. FVR + CD3 = Fumure vulgarisée réduite + 2 t/ha de chaux agricole
7. FVR + CD4 = Fumure vulgarisée réduite + 5 t/ha de chaux agricole

2.2.2 *Essai 2 : correction acidité et fumure neutre*

4 traitements, 8 répétitions, 32 parcelles. Surface d'une parcelle élémentaire : a) parcelles 85 à 112 incluses = 5 lignes de 20,12 m (80 m²), surface utile parcelle élémentaire = 3 lignes de 20,12 m (48 m²) b) parcelles 113 à 116 incluses = 5 lignes de 16,85 m (67 m²), surface utile parcelle élémentaire = 3 lignes de 16,85 m (40 m²). Surface essai : 2 522,7 m², surface totale essai (avec bordures) : 2 925,1 m².

1. T = Témoin sans apport
2. FV = Fumure vulgarisée (200 kg/ha d'engrais complet [NPKSB 22-10-15-5-1] à 15 JAL et 50 kg/ha d'urée à 35 JAL
3. FN = 100 kg/ha de phosphate naturel [P₂O₅ = 22] mélangé avec du sulfate de calcium [S 22,5 ; Ca 43,5] ; 50 kg/ha de KCl [K₂O = 60] ; 96 kg/ha d'urée [N = 46] et 12 kg/ha de boracine [B₂O₅ = 17] à 15 JAL et 50 kg/ha d'urée à 35 JAL

4. FN + CD2 = Fumure FN + 1 t/ha de chaux agricole

2.2.3 Essai 3 : correction acidité et fumure neutre réduite

4 traitements, 8 répétitions, 32 parcelles. Surface d'une parcelle élémentaire = a) parcelles n° 117 à 144 incluses = 5 lignes de 21,19 m (85 m²), surface utile parcelle élémentaire = 3 lignes de 21,19 m (51 m²) b) parcelles 145 à 148 incluses = 5 lignes de 16,85 m (67 m²), surface utile parcelle élémentaire = 3 lignes de 16,85 m (40 m²). Surface essai : 2 643 m², surface totale essai (avec bordures) : 2 948,1 m².

1. T = Témoin sans apport
2. FVR = Fumure vulgarisée réduite (100 kg/ha d'engrais complet [NPKSB 22-10-15-5-1] - à 15 JAL et 50 kg/ha d'urée à 35 JAL)
3. FNR = 50 kg/ha de phosphate naturel [P₂O₅ = 22] mélangé avec du sulfate de calcium [S 22,5 ; Ca 43,5] ; 25 kg/ha de KCl [K₂O = 60] ; 43 kg/ha d'urée [N = 46] et 6 kg/ha de boracine [B₂O₅ = 17] à 15 JAL et 50 kg/ha d'urée à 35 JAL
4. FNR + CD2 = FNR + 1 t/ha de chaux agricole.

2.2.4 Essai 4 : correction acidité et fumure vulgarisé complète

6 traitements, 8 répétitions, 48 parcelles. Surface d'une parcelle élémentaire a) parcelles n° 149 à 184 = 5 lignes de 19,83 m (79 m²), surface utile parcelle élémentaire = 3 lignes de 19,83 m (48 m²) b) parcelles n° 185 à 190 incluses = 5 lignes de 20,12 m (80 m²), surface utile parcelle élémentaire = 3 lignes de 20,12 m (48 m²) c) parcelles n° 191 à 196 incluses = 5 lignes de 21,19 m (85 m²), surface utile parcelle élémentaire = 3 lignes de 21,19 m (51 m²). Surface essai : 3 846,3 m², surface totale essai (avec bordures) : 3 878 m².

1. T = Témoin sans apport
2. FV = Fumure vulgarisée : 200 kg/ha d'engrais complet [NPKSB 22-10-15-5-1] - à 15 JAL et 50 kg/ha d'urée à 35 JAL)
3. FV + CD1 = Fumure FV + 0,5 t/ha de chaux agricole
4. FV + CD2 = Fumure FV + 1 t/ha de chaux agricole
5. FV + CD3 = Fumure FV + 2 t/ha de chaux agricole
6. FV + CD4 = Fumure FV + 5 t/ha de chaux agricole

Les modalités des essais sont différentes quant à la fumure à appliquer.

L'épandage chaux s'effectue après le labour et avant le semis. L'épandage d'engrais NPKSB est à épandre au stade 3-5 vraies feuilles de même que l'épandage des fumures neutres. Le reste des opérations de culture est conforme à la fiche

technique de la culture cotonnière en matière d'entretien, d'apport d'urée et de traitements insecticides.

2.2.5 Observations et comptages

1°) Générales

- Test de germination
- Pluviométrie
- Fiche d'opérations culturales par essai

2°) Parcelles

- Comptage de densité (nombre de plants sur chacune des 3 lignes centrales) après semis, re-semis et démariage
- Hauteur des plants (hauteur de 15 plants pris au hasard sur les 3 lignes centrales) à 15, 30, 45 JAL et à la récolte
- Date d'apparition de la première fleur et de la première capsule
- Nombre de fleurs du jour sur chacune des trois lignes centrales à partir de l'apparition de la première fleur et tous les 5 jours jusqu'à la fin de la floraison
- Shedding sur les trois interlignes centraux 2 fois par semaines
- Nombre de capsules sur 10 plants sur chacune des trois lignes centrales
- Récolte de 100 capsules à part avant chacune des deux récoltes
- Deux récoltes séparées des trois lignes centrales, pesées et vérification
- Récolte des deux lignes de bordure séparée
- Confection des échantillons pour égrenage
- égrenage des échantillons et confection des échantillons pour les analyses technologies

2.3 Mises en place

Du fait du considérable retard pris par la mise en place de la convention cette année et de l'incertitude quant aux opérations retenues, le semis n'a pu être précoce. La levée a donc eu lieu entre la fin juin et le début juillet selon les essais qui à été suivi par la seule petite poche de sécheresse de la campagne (voir Figure 1). Ceci lié au niveau de dégradation des parcelles a fait que les plants sont restés peu développés une bonne quinzaine de jours. Heureusement, la pluviométrie de 2012 a été bonne par la suite.

Pluviométrie décadaire à Djalingo

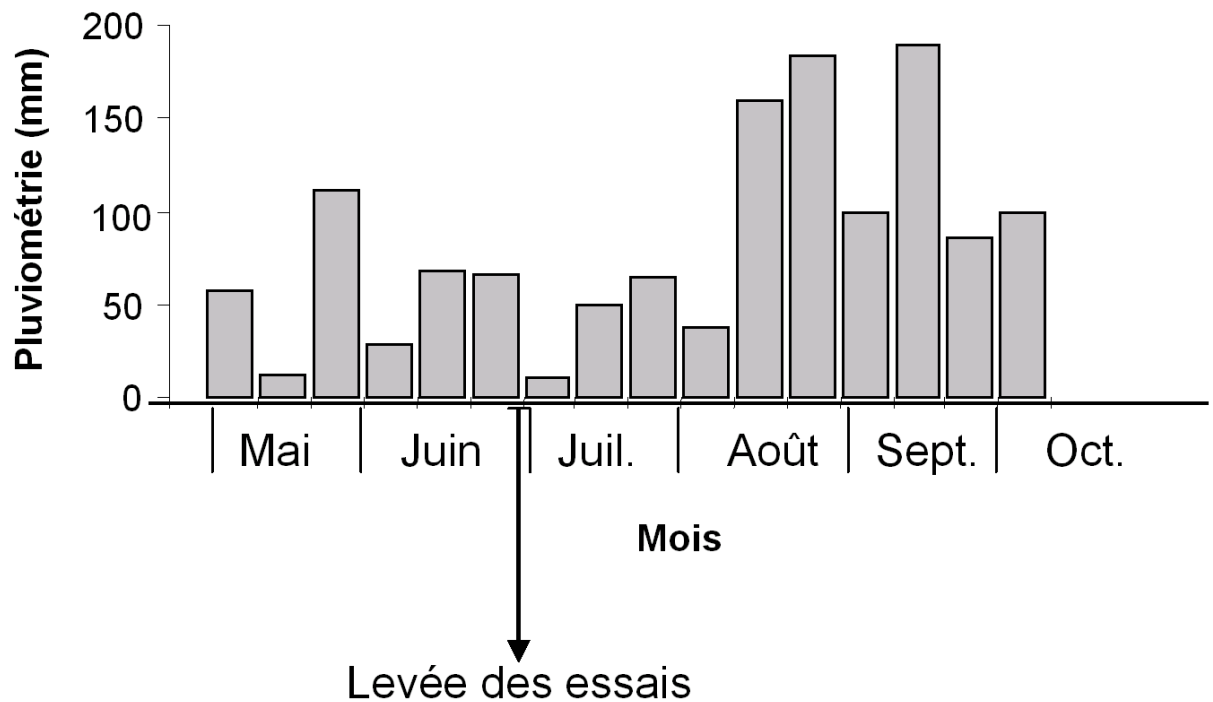


Figure 1 : pluviométrie décadaire sur le site des essais, campagnes 2012

3 Résultats

3.1 Observations en cours de campagne

3.1.1 *Densités de culture*

Les Figure 1 à Figure 4 regroupent les densités de culture observées à différentes dates sur les 4 essais.

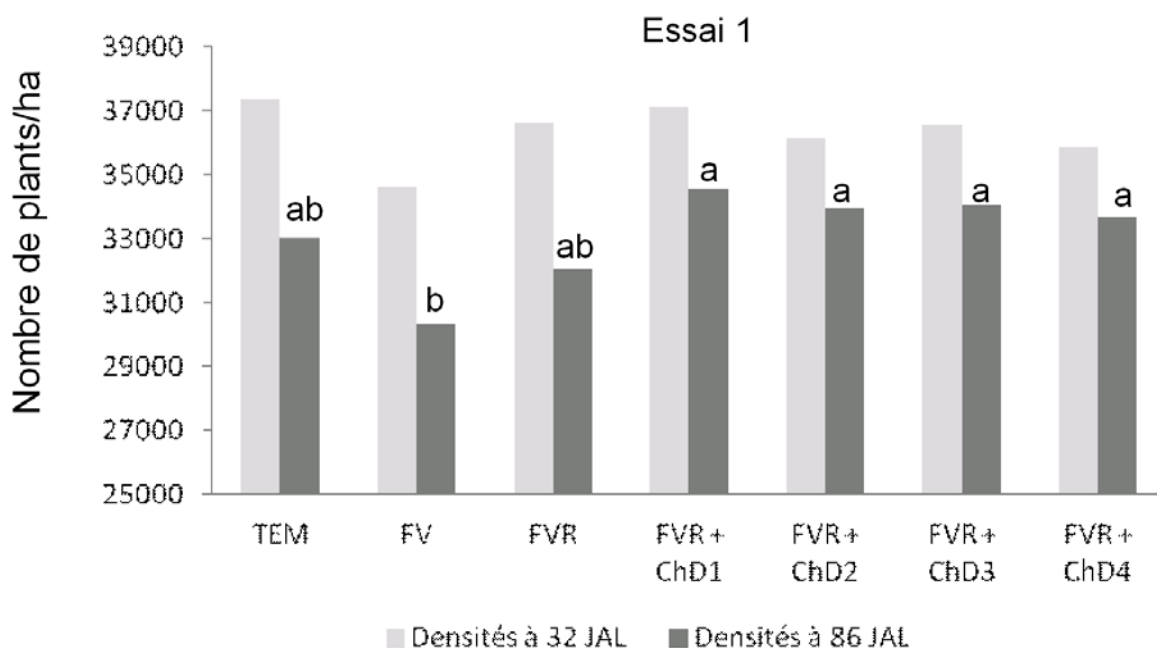


Figure 2 : densités de cotonniers observées sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

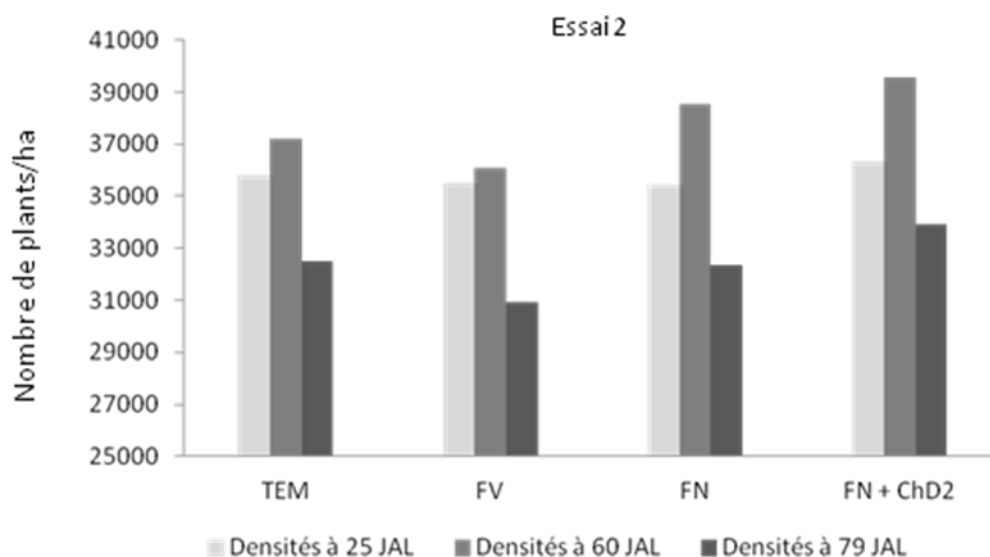


Figure 3 : densités de cotonniers observées sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

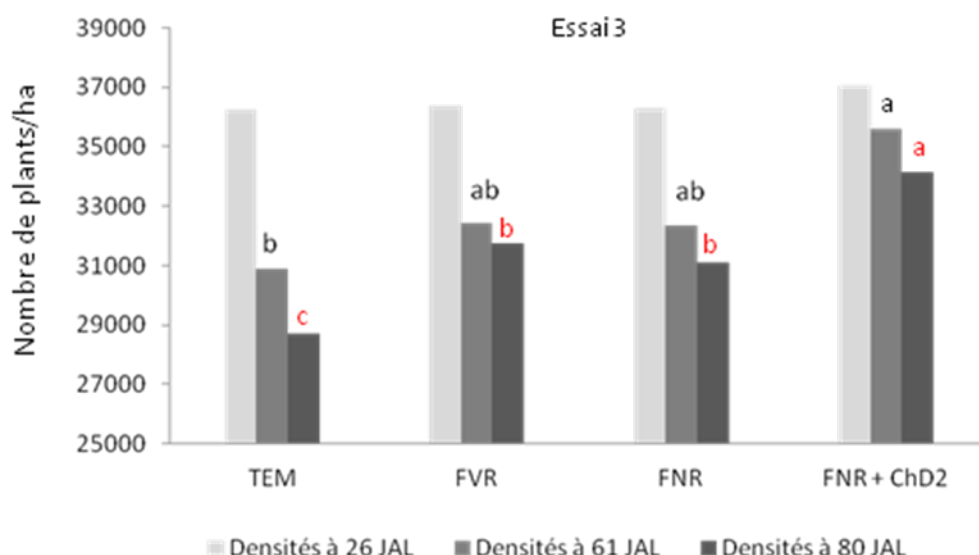


Figure 4 : densités de cotonniers observées sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; FNR : fumure neutre réduite ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

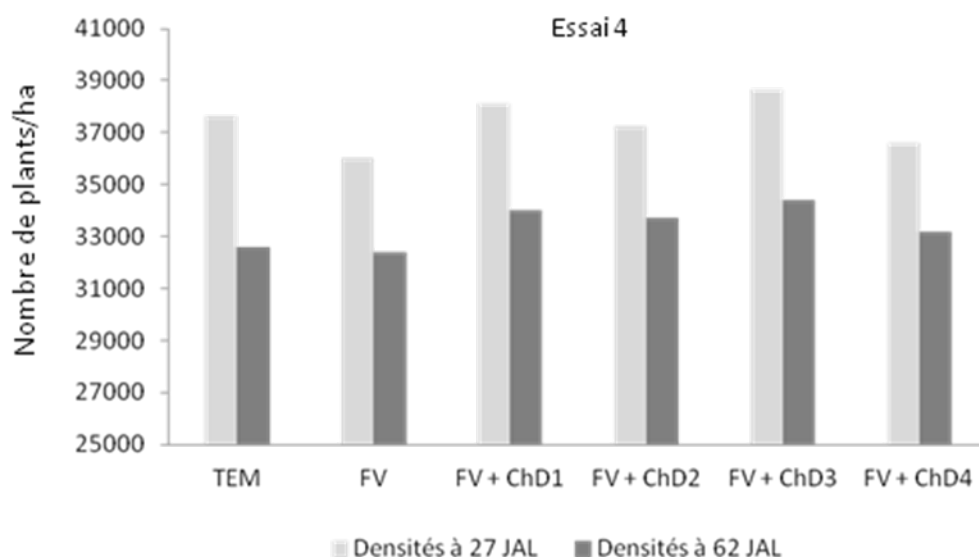


Figure 5 : densités de cotonniers observées sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

Les densités de cotonniers sont faibles, dès les premiers comptages, illustrant la difficulté sur des parcelles dégradées pour obtenir un stand correct. Les semis ont été suivis d'une période sèche qui n'a pas permis d'obtenir des densités conformes. Sur les densités du premier comptage et sur les 4 essais, les traitements ne font pas apparaître de différences significatives, les différentes fumures appliquées n'ont pas d'impacts sur le stand en début de culture. Les comptages suivants font apparaître sur les essais 1, 3 et 4 (Figures 2, 3 et 5) une baisse de la densité, mettant en

évidence une mortalité de plants que les ressemis n'ont pas permis de redresser, mortalité due aux conditions hydriques, à la dégradation des sols et sur certaines parcelles à un entraînement par les pluies des graines ou plants juste levés. Sur les parcelles fumées et en particulier sur les parcelles chaulées, une moindre baisse significative de la densité est observée sur les essais 1 (figure 2) et 3 (figure 4). Le chaulage est donc susceptible de contribuer à la réduction la mortalité de jeunes plants.

3.1.2 Hauteurs des cultures

Les résultats des hauteurs moyennes des plants de cotonniers pour les quatre essais sont illustrés par les Figure 5 à Figure 8.

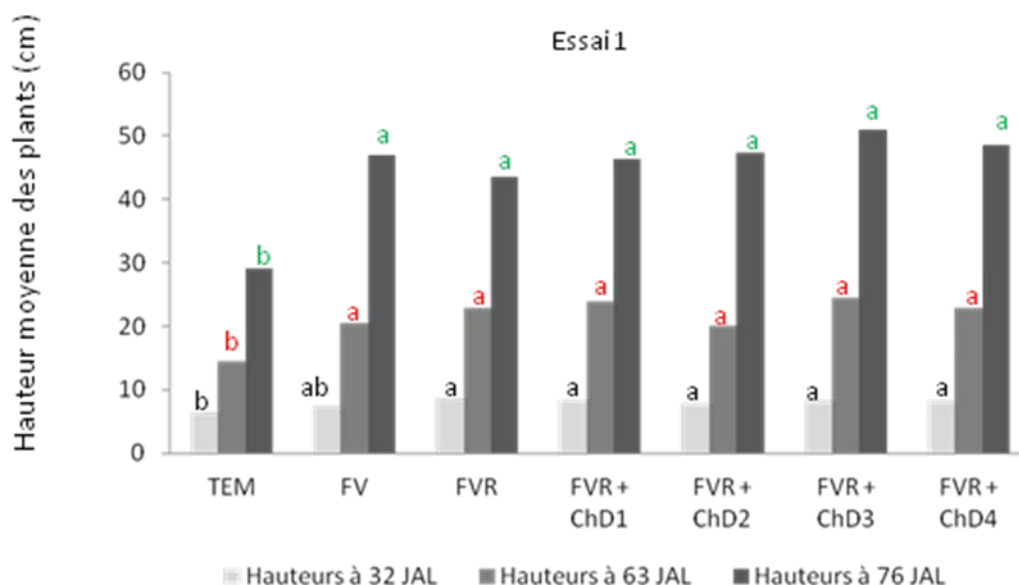


Figure 6 : hauteurs moyennes des plants de cotonniers observées sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

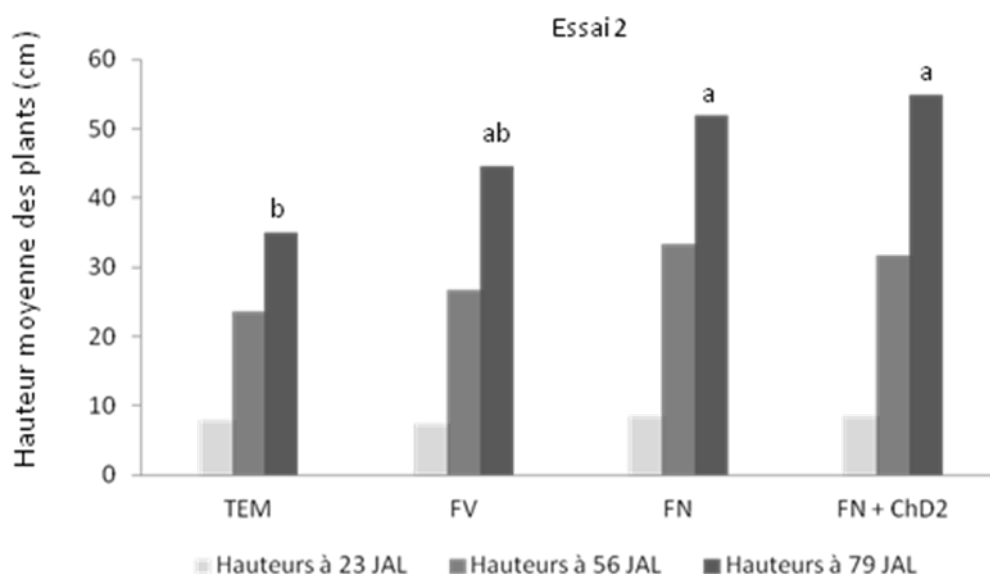


Figure 7 : hauteurs moyennes des plants de cotonniers observées sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

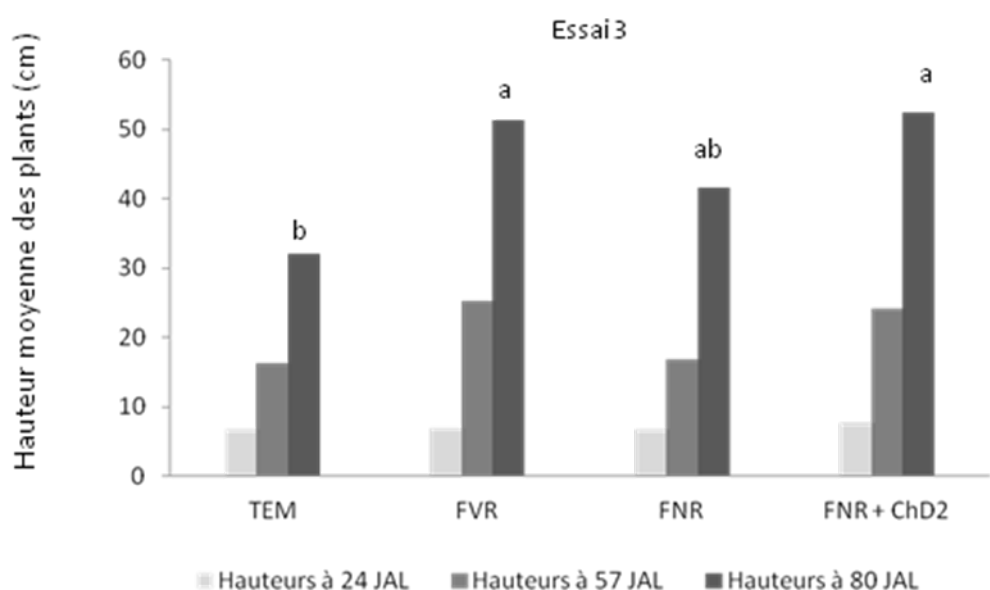


Figure 8 : hauteurs moyennes des plants de cotonniers observées sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; FNR : fumure neutre réduite ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

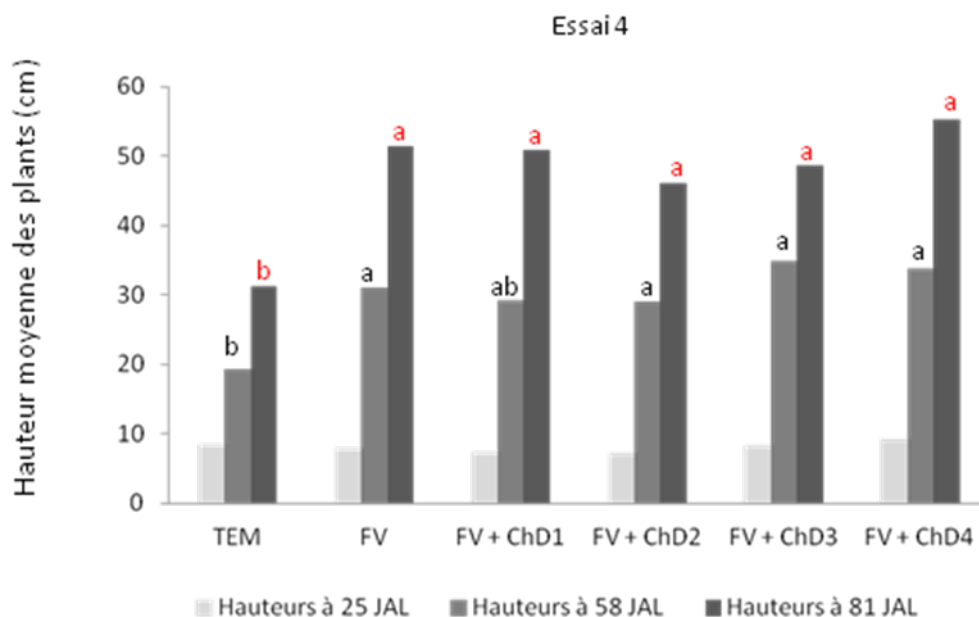


Figure 9 : hauteurs moyennes des plants de cotonniers observées sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents nombres de jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

Les hauteurs moyennes des plants de cotonniers à la première date sur les essais 2, 3 et 4 ne sont pas significativement différentes en fonction des fumures appliquées. Sur l'essai 1, ces hauteurs sont significativement plus élevées pour les traitements avec chaux et pour la fumure vulgarisée réduite que sur le témoin sans apports.

Pour l'observation à des dates intermédiaires, il n'y a pas de différences significatives pour les essais 2 et 3. Pour l'essai 1, toutes les parcelles ayant reçu une fumure (vulgarisée, vulgarisée réduite et vulgarisée réduite avec chaulage) présentent des hauteurs supérieures aux parcelles témoins sans apport. Sur l'essai 4, les parcelles avec fumure vulgarisée et fumure vulgarisée avec les doses de chaux de 1, 2 et 5 T/H présentent des hauteurs moyennes des plants supérieures à celles des parcelles témoin.

Pour l'observation la plus tardive, tous les essais présentent des différences significatives, toutes les parcelles chaulées présentant systématiquement des hauteurs moyennes de plants de cotonniers significativement supérieures à celles des parcelles témoin sans apports. Pour les fumures vulgarisées, neutres, réduites ou non, les résultats sont moins constants.

Les effets des fumures sont donc plus nets sur les hauteurs autour du 80ième JAL qu'à des dates plus précoces. Les parcelles chaulées ont quand l'essai est significatif un impact plus constant que les fumures vulgarisées, réduites ou neutres.

3.1.3 Nombre de nœuds

De chaque nœud sur la tige principale du cotonnier part une branche végétative ou fructifère. Le nombre de nœuds est donc un indicateur de potentiel de production.

Les Figure 9 à Figure 12 résument les données observées sur les 4 essais.

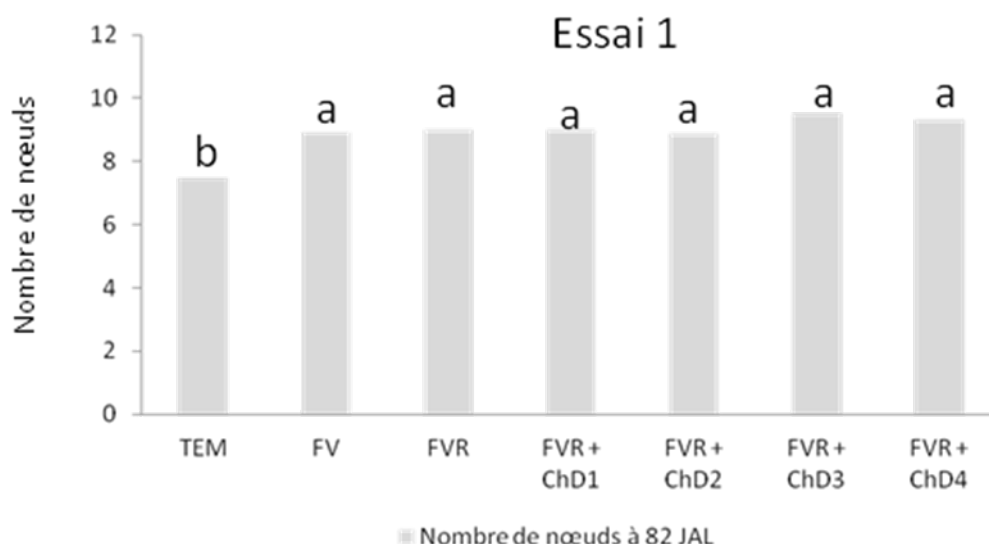


Figure 10 : nombre de nœuds observé sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun) à 82 jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

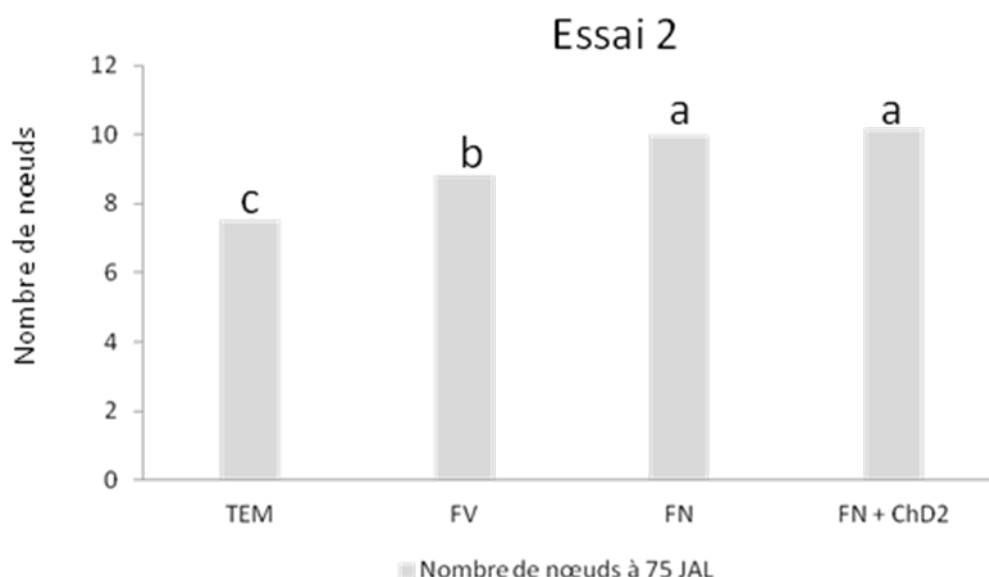


Figure 11 : nombre de nœuds observé sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun) à 75 jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

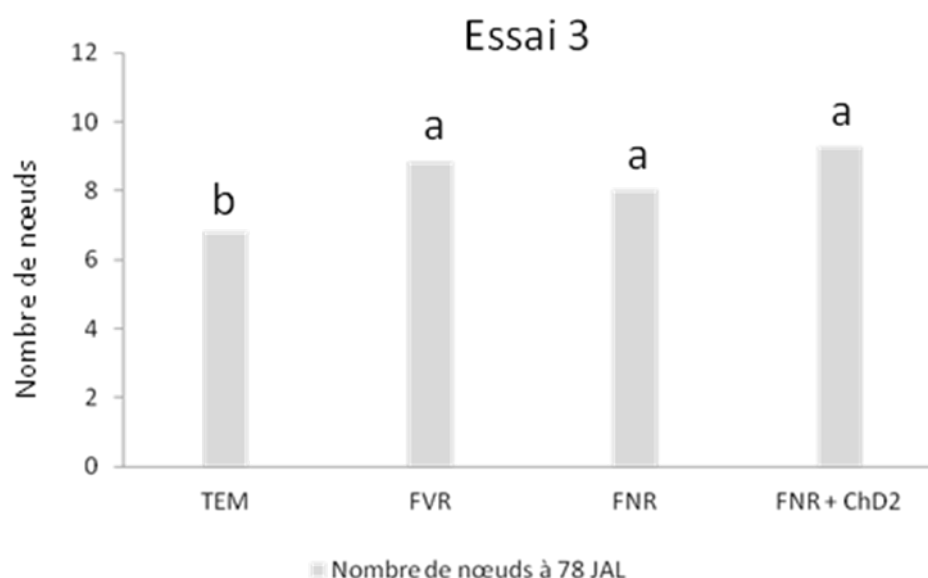


Figure 12 : nombre de nœuds observé sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun) à 78 jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; FNR : fumure neutre réduite ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

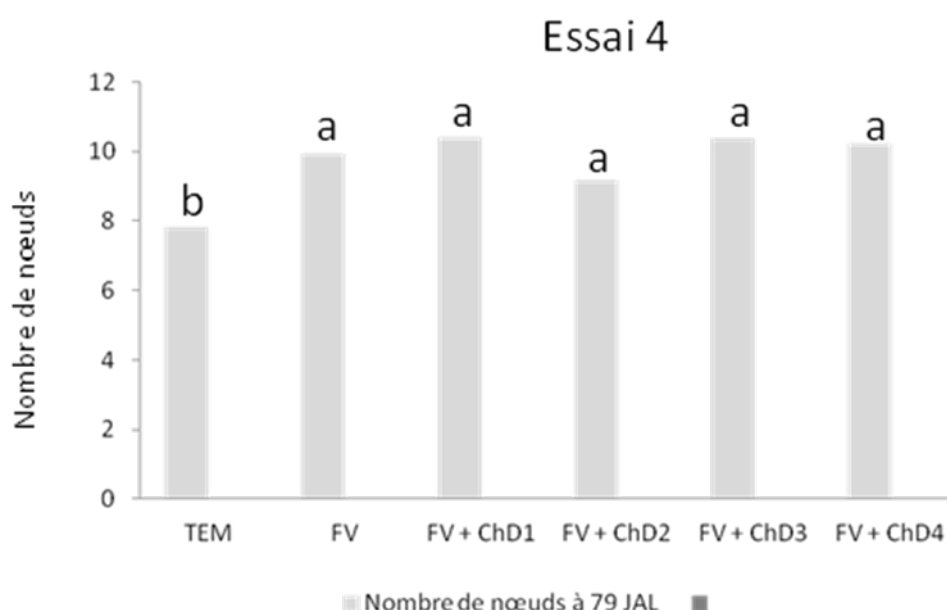


Figure 13 : nombre de nœuds observé sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun) à 79 jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

Toutes les fumures appliquées sont équivalentes entre-elles pour cette observation sur les 4 essais et significativement supérieures au témoin sans apport, sauf sur l'essai 2 où la fumure neutre et la fumure neutre avec chaulage sont significativement supérieures à la fumure vulgarisée et les trois types de fumure supérieures au témoin sans apport

L'absence d'apports semble donc être pénalisant pour le bon développement du cotonnier et amélioré par les fumures apportées.

3.1.4 Cotations d'enherbement

L'apport de fumures peut avoir pour conséquence négative d'augmenter l'enherbement des parcelles. Une cotation visuelle de l'enherbement a été réalisée avant les principaux sarclages et les données sont illustrées de la Figure 13 à la Figure 16 pour les 4 essais.

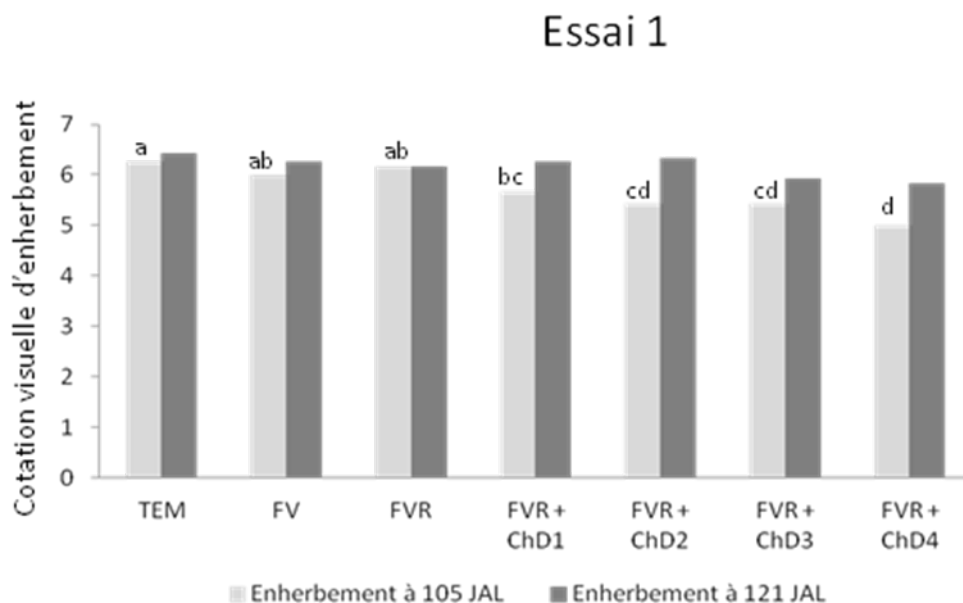


Figure 14 : cotation visuelle d'enherbement sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

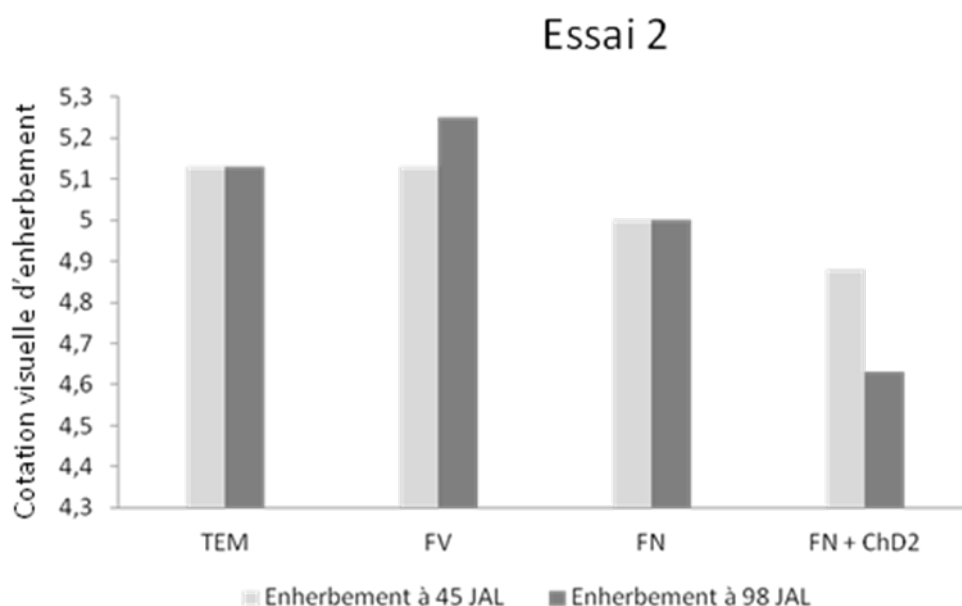


Figure 15 : cotation visuelle d'enherbement sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

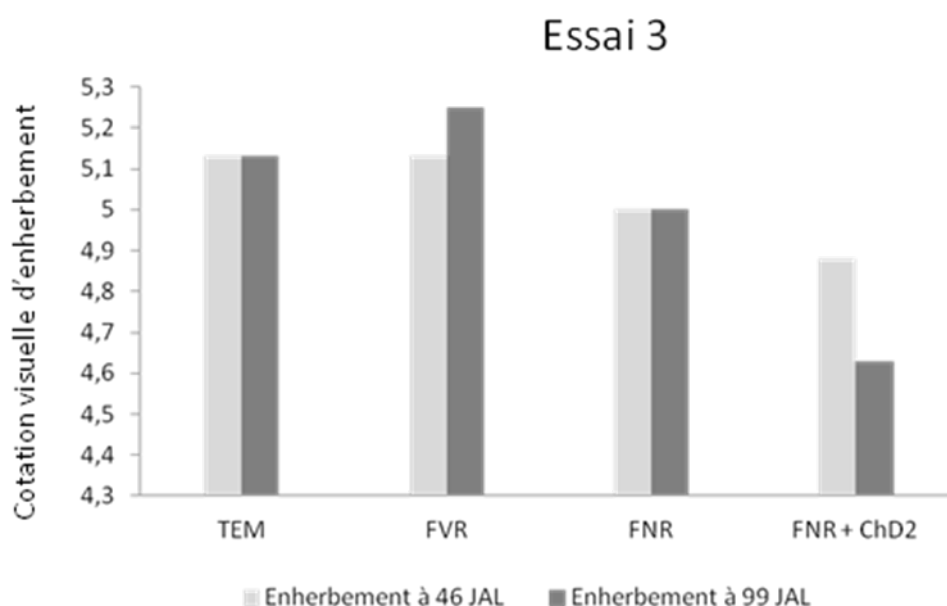


Figure 16 : cotation visuelle d'enherbement sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; FNR : fumure neutre réduite ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

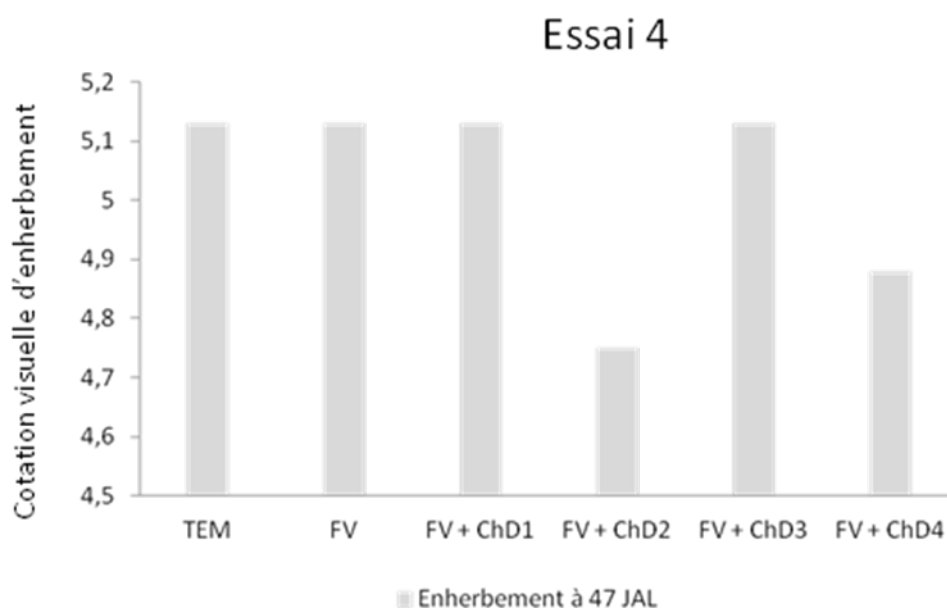


Figure 17 : cotation visuelle d'enherbement sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun) à 47 jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

Les différentes fumures n'ont pas d'effets significatifs sur l'enherbement, à part pour le niveau d'enherbement à 105 JAL sur l'essai 1 où les parcelles chaulées sont significativement moins enherbées que le témoin.

3.1.5 Floraison

Les fleurs du jour ont été comptées deux fois par semaine pendant un mois (mois d'octobre) sur les 4 essais. Les Figure 17 à Figure 20 regroupent les résultats de cette variable.

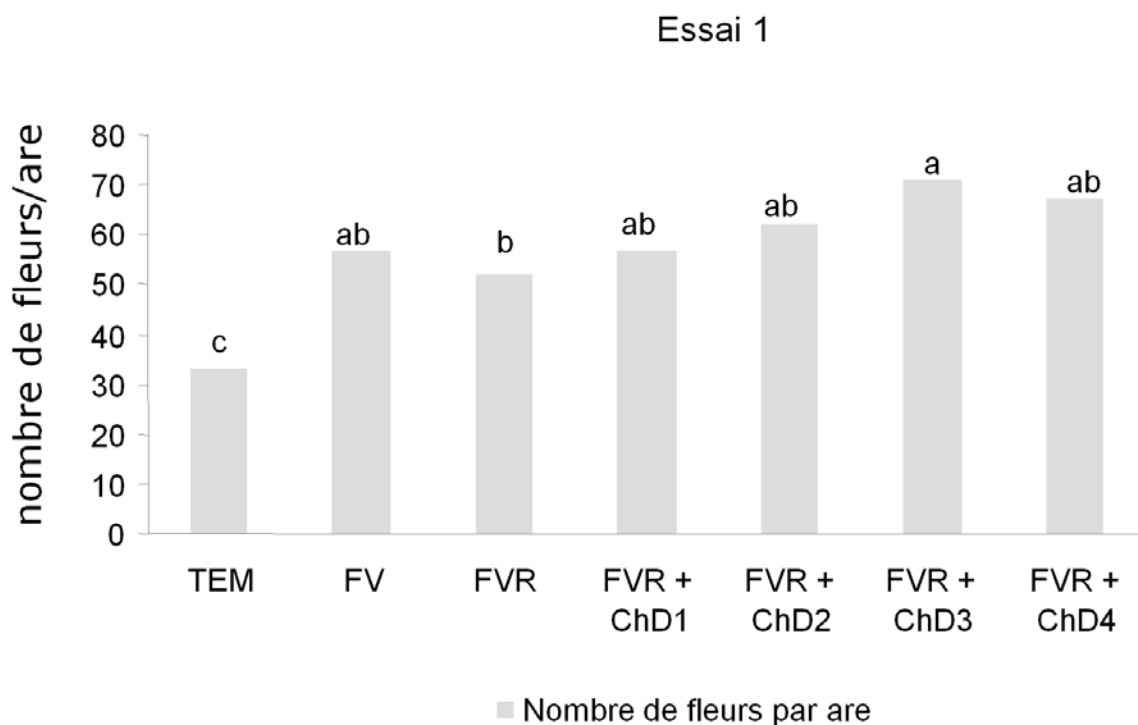


Figure 18 : nombre de fleurs du jour moyen sur un mois sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

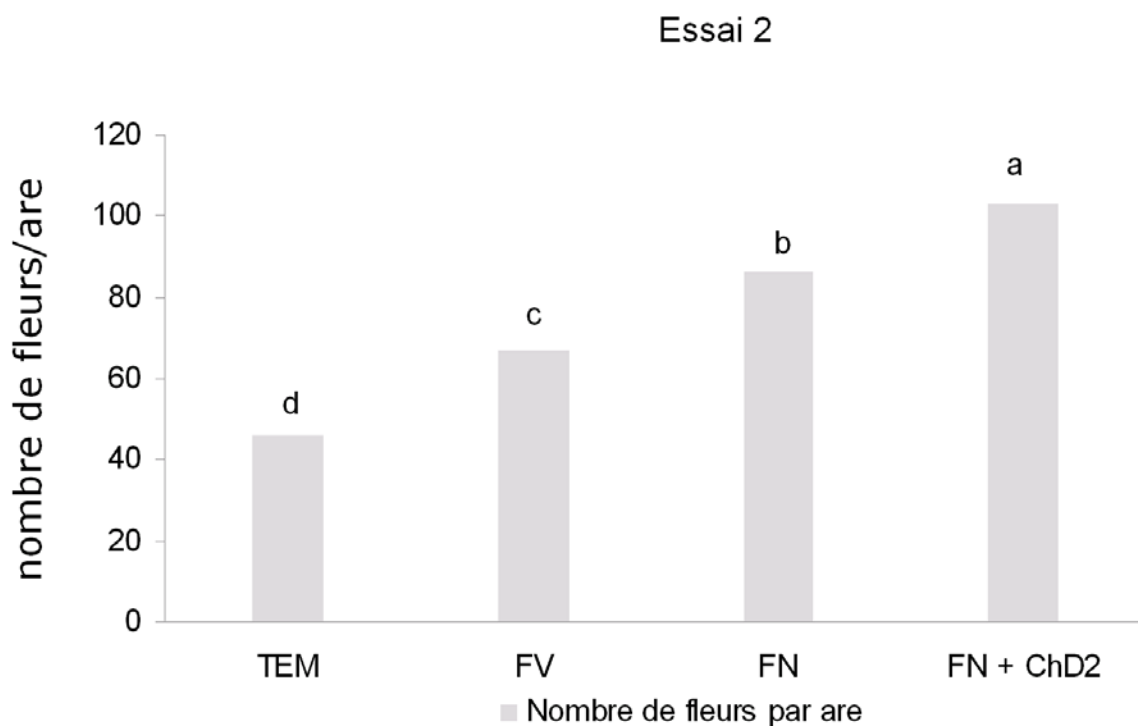


Figure 19 : nombre de fleurs du jour moyen sur un mois sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

Essai 3

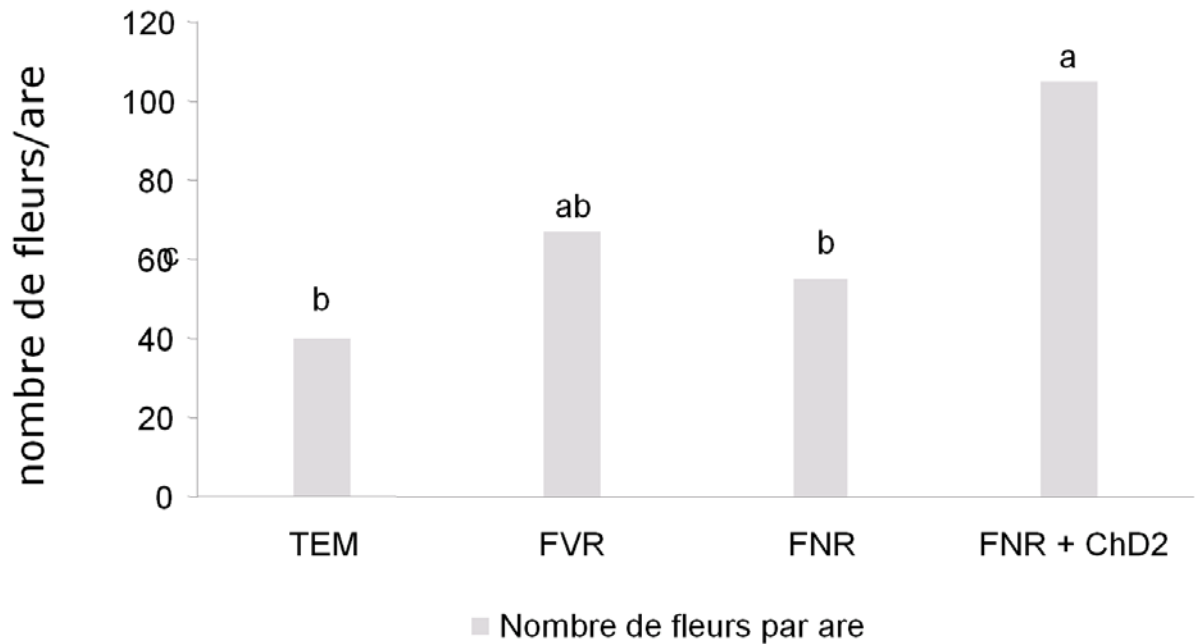


Figure 20 : nombre de fleurs du jour moyen sur un mois sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun) à différents jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; FNR : fumure neutre réduite ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

Essai 4

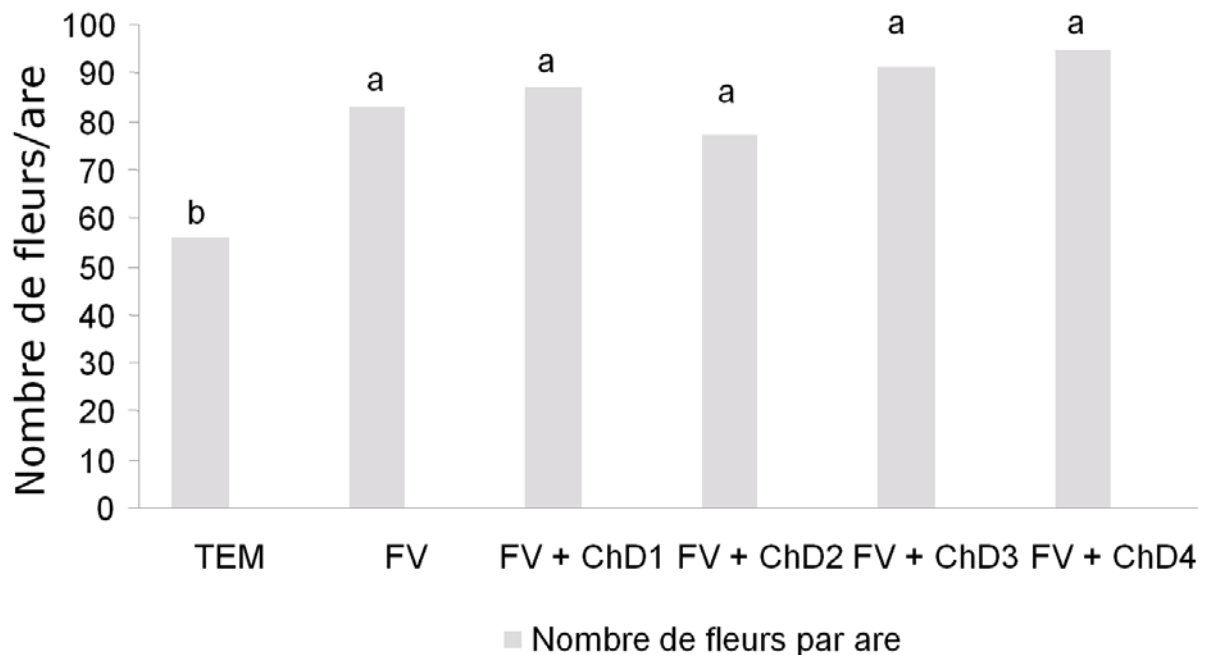


Figure 21 : nombre de fleurs du jour moyen sur un mois l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun) à 47 jours après levée (JAL), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

Les parcelles présentent des niveaux de floraison significativement contrastés avec des écarts importants. Toutes les parcelles fumées présentent un niveau de floraison très supérieur à celui des parcelles témoins sans apport. De plus, sur l'essai 1, le niveau de floraison des parcelles chaulées à 2T/ha est supérieur à celui des parcelles avec la fumure vulgarisée seule. Sur l'essai 2, la floraison des parcelles chaulées est significativement supérieur à celle des parcelles avec fumure neutre, elle-même supérieure à celle des parcelles avec fumure vulgarisée. Sur l'essai 3, la parcelle chaulée et fumure de base présente un niveau de floraison supérieur à celui des parcelles avec la même fumure de base seule.

Ces écarts montrent l'importance des effets des fumures à ce moment du cycle.

3.1.6 Shedding d'organes attaqués ou sains

Le shedding d'organes a été suivi pendant un mois au mois d'octobre (entre environ 98 et 130 JAL) tous les 3 jours.

3.1.6.1 Boutons floraux

Les résultats pour les 4 essais sont regroupés dans les Figure 17 à Figure 20.

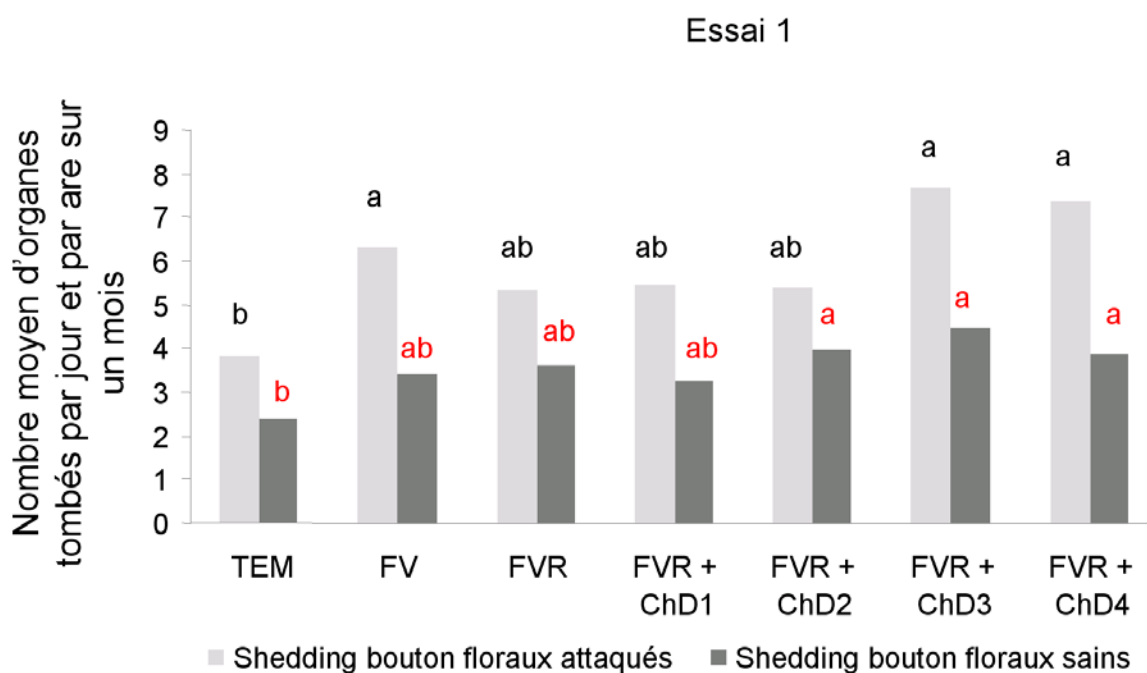


Figure 22 : shedding de boutons floraux sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun). Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

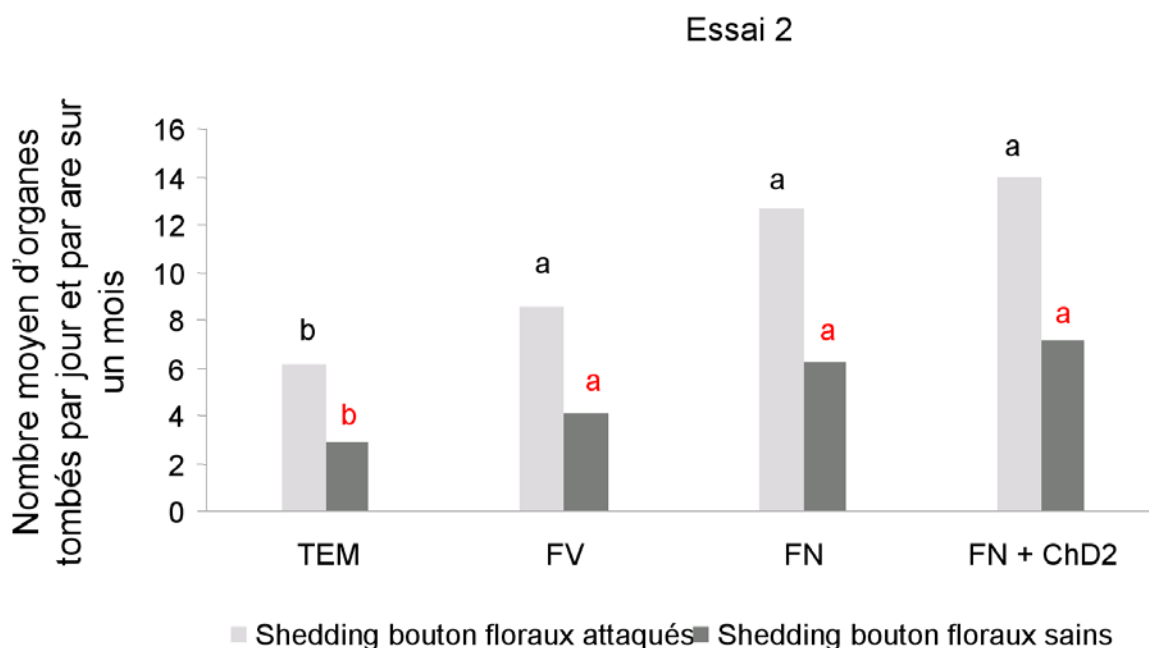


Figure 23 : shedding de boutons floraux sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

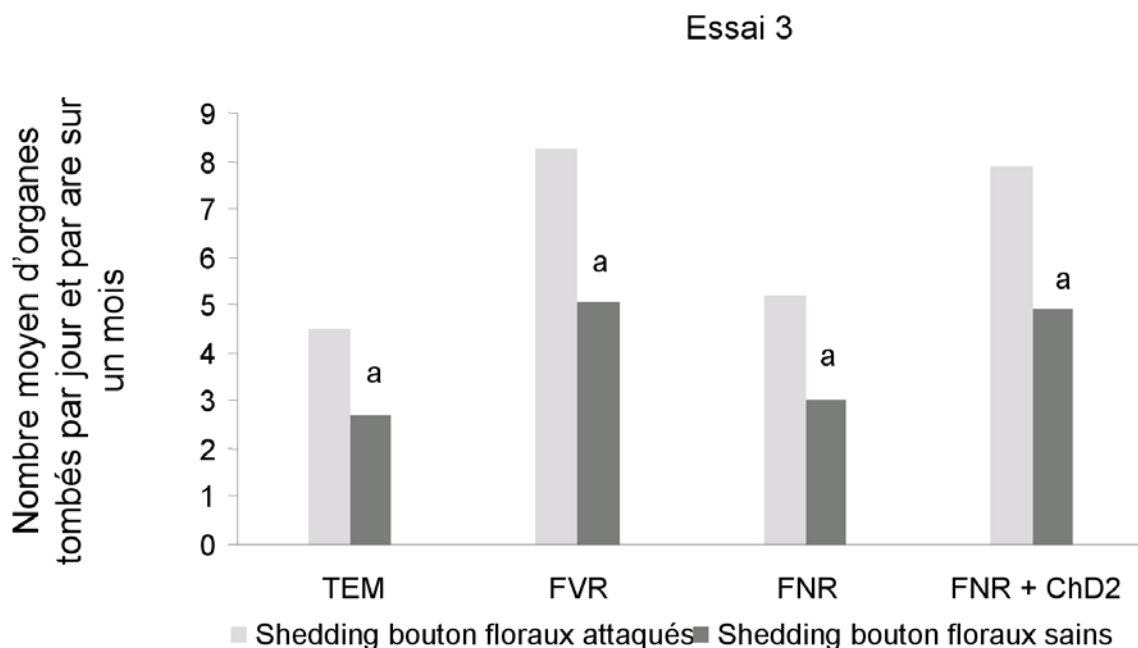


Figure 24 : shedding de boutons floraux sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; FNR : fumure neutre réduite ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

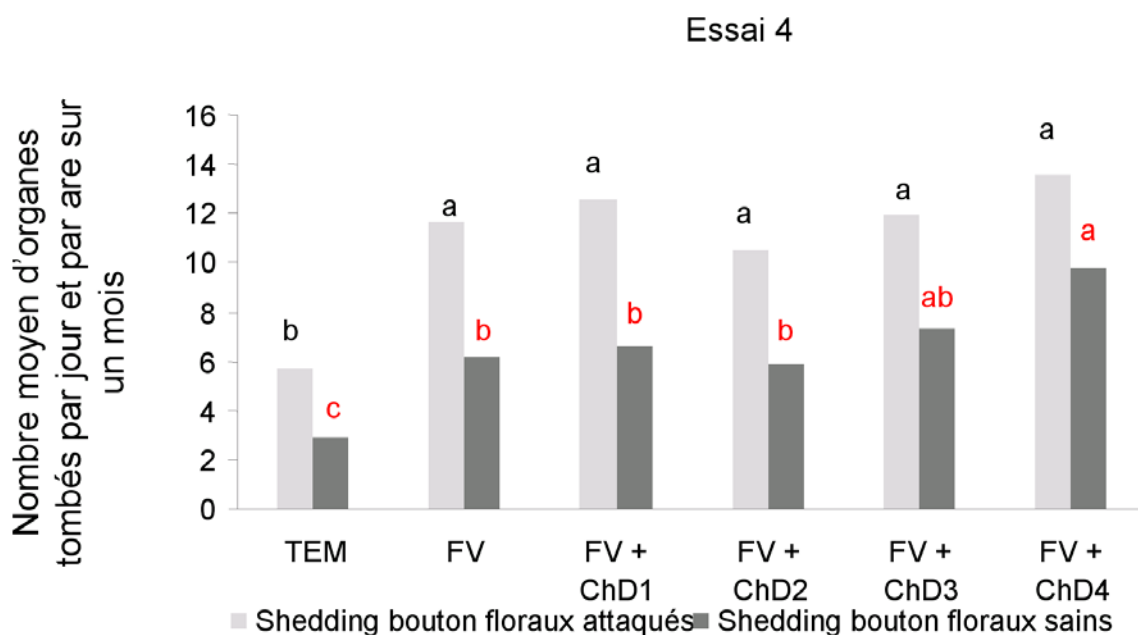


Figure 25 : shedding de boutons floraux sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

Les tendances suivantes se dégagent de ces figures : (i) le shedding parasitaire est très supérieur au shedding physiologique ; (ii) les parcelles témoin ont un shedding parasitaire et physiologique significativement inférieur à la plupart des parcelles fumées, notamment les parcelles chaulées (sauf sur l'essai 3 qui n'est pas significatif) et (iii) sur l'essai 4, les parcelles avec la dose de 5T/ha de chaux présentent un sheeding physiologique significativement supérieur à la fumure vulgarisée.

On peut expliquer ces différences de shedding par le fait que les parcelles fumées développent plus d'organes fructifères et que par conséquent un plus grand nombre de ceux-ci sont attequés où tombent de façon physiologique. Mais l'hypothèse que la protection sanitaire appliquée à l'ensemble de ces essais ait été déficiente et n'ait pu protéger tous les organes fructifères émis sur les parcelles fumées et notamment chaulée n'est pas à exclure.

3.1.6.2 Capsules

Les résultats du shedding des capsules, observé de la même façon que les boutons floraux, sont regroupés dans la Figure 21 à la Figure 24.

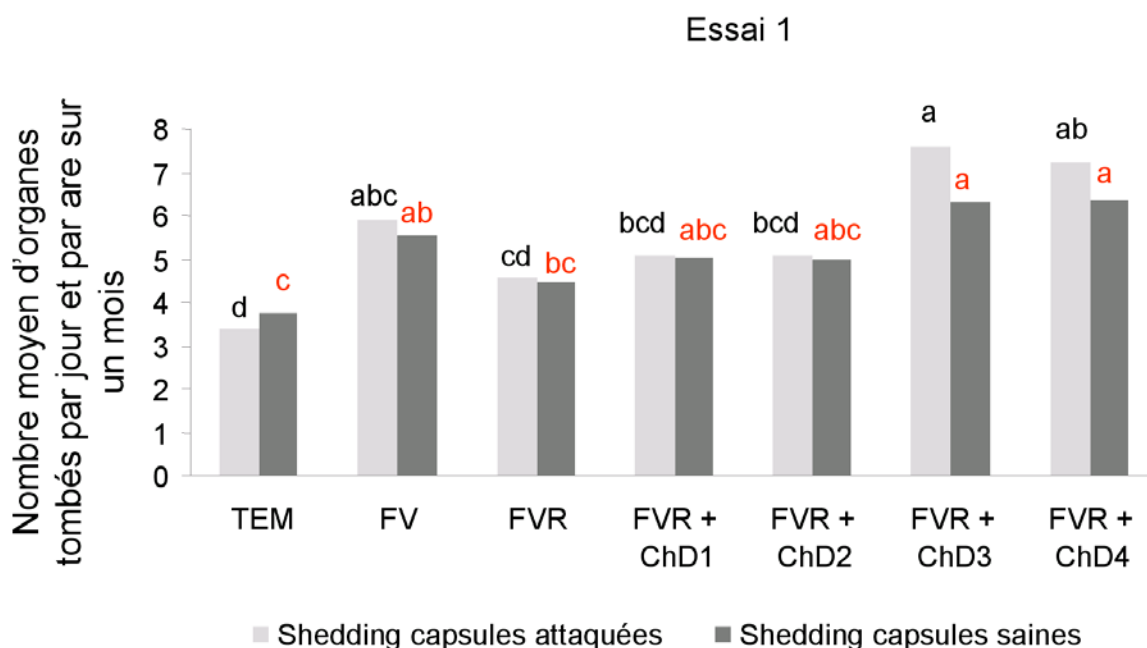


Figure 26 : shedding de capsules sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun). Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

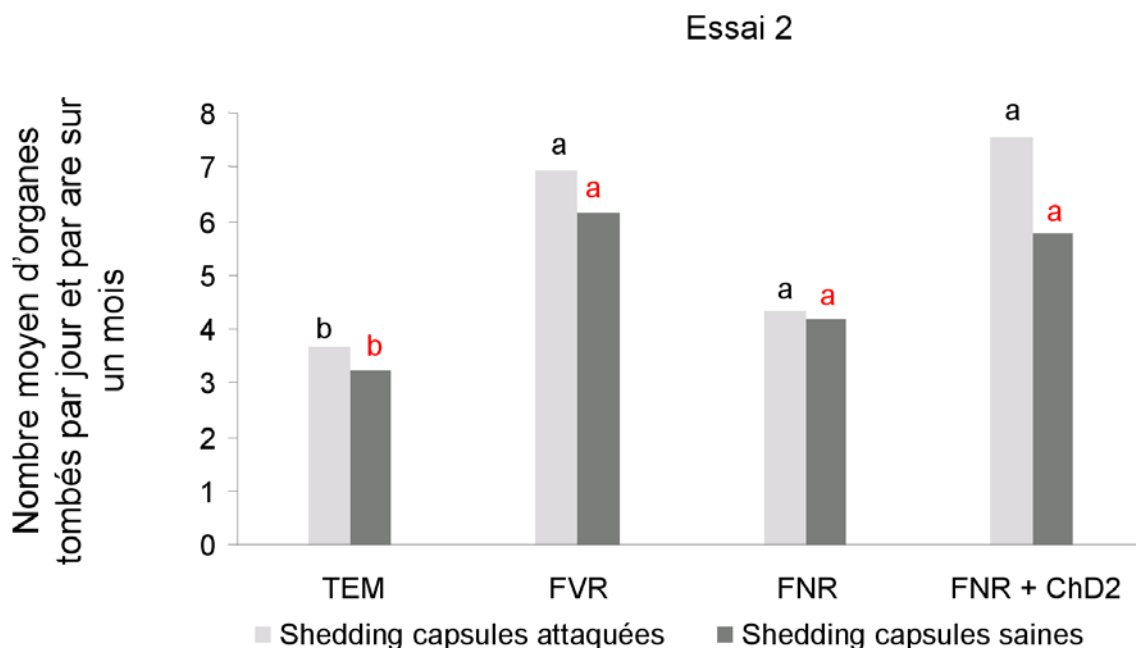


Figure 27 : shedding de capsules sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

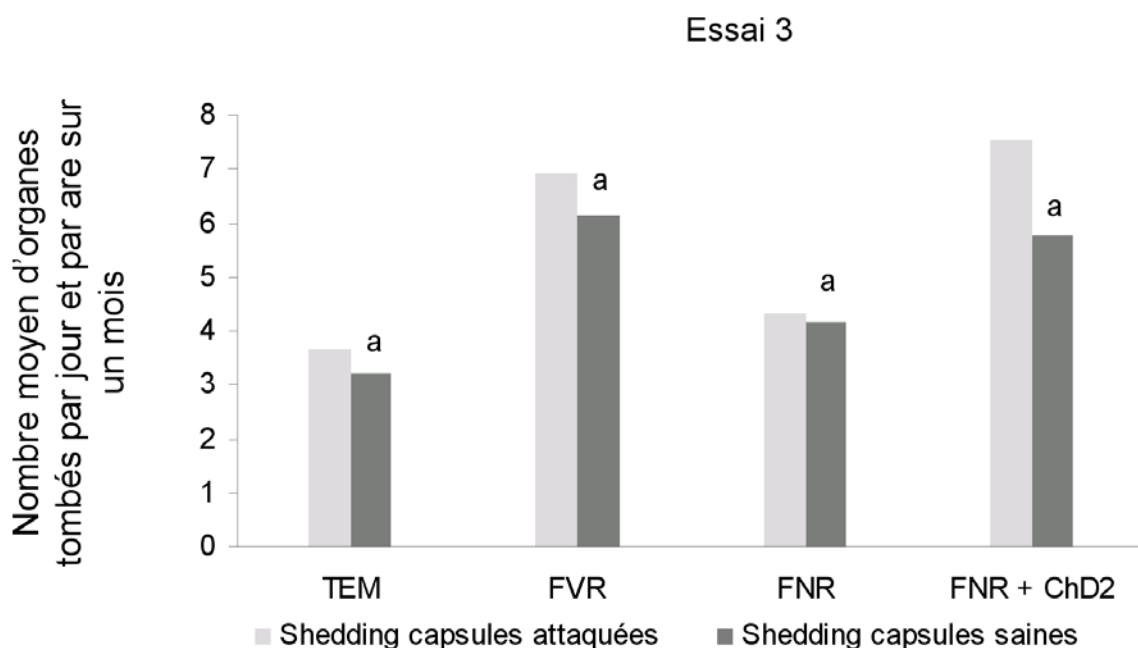


Figure 28 : shedding de capsules sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; FNR : fumure neutre réduite ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

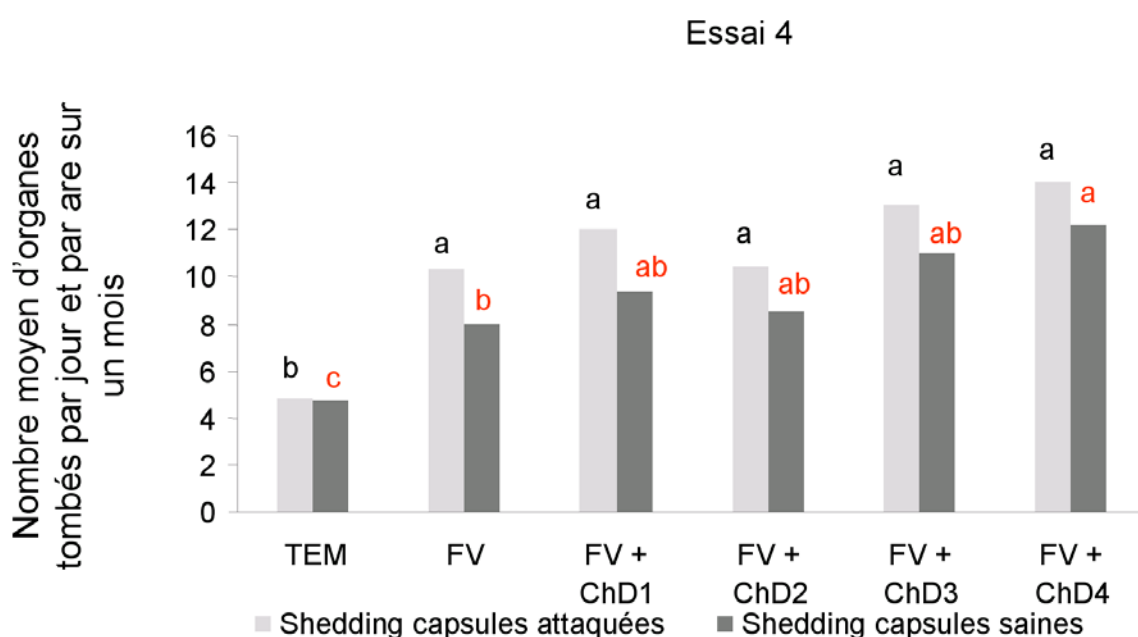


Figure 29 : shedding de capsules sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

Comme pour les boutons floraux , le shedding parasitaire est plus important que le shedding physiologique, mais dans une moindre mesure. Les principales

conclusions sont (i) que les parcelles témoin présentent un shedding significativement inférieur aux parcelles fumées, excepté sur l'essai 3, non significatif et (ii) que les parcelles chaulées à 2 et 5 T/ha sur l'essai 1 pour les shedding physiologique et parasitaire et les parcelles chaulées à 5 T/ha pour le shedding physiologique sur l'essai 4 présentent une chute de capsule significativement plus élevée.

Les résultats sont donc assez semblables qu'avec le shedding des boutons floraux, avec en plus un impact du chaulage plus marqué.

3.1.6.3 Proportion de capsules tombées par rapport aux capsules retenues

Pour connaître l'importance du shedding des capsules, il a été calculé la proportion de capsules tombées pendant le mois d'observations (saines et attaquées) par rapport aux capsules observées à la récolte (voir le chapitre composantes du rendement). Cette proportion ne reflète pas tout à fait la réalité puisque les observations sur les capsules tombées n'ont duré qu'un mois, mais les comparaisons peuvent rester valables. Les résultats sont présentés dans la Figure 25 à la Figure 28.

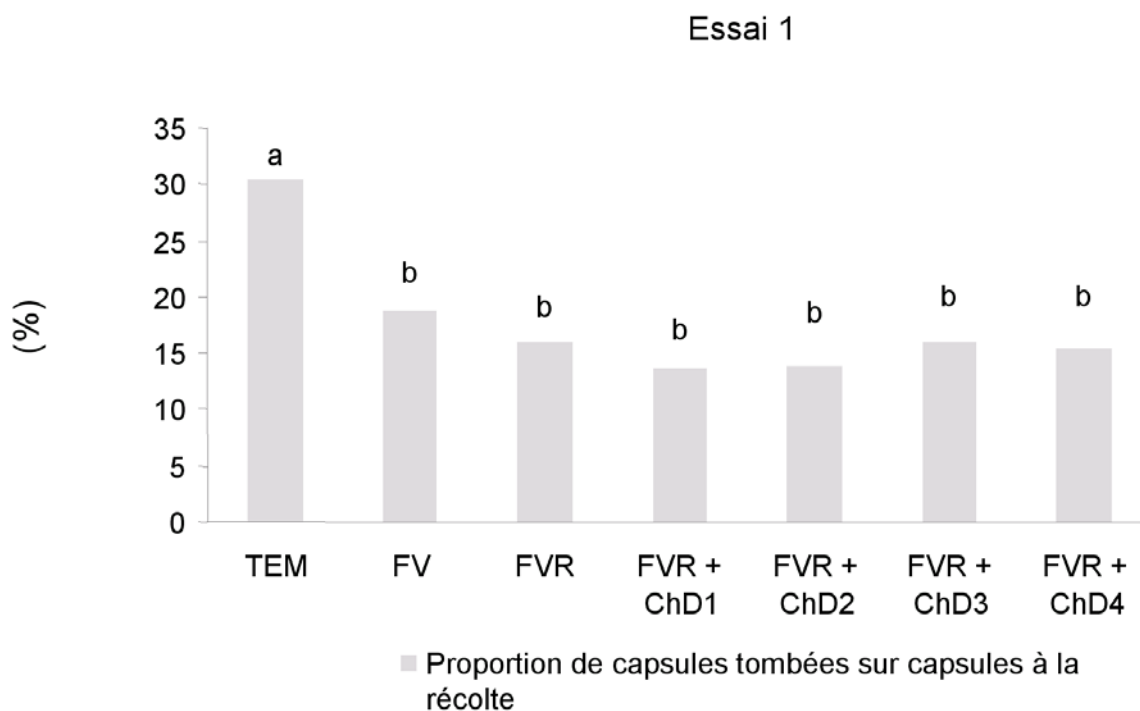


Figure 30 : proportion de capsules tombées pendant un mois (saines et attaquées) sur capsules à la récolte sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun). Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

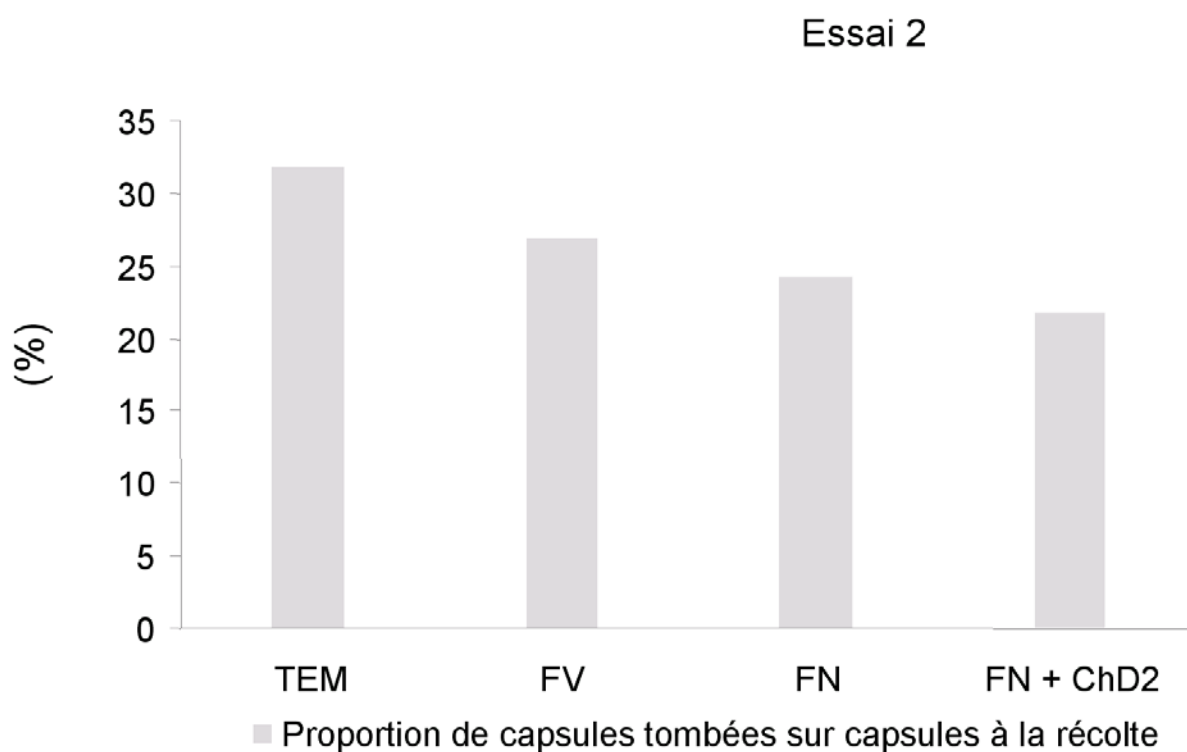


Figure 31 : proportion de capsules tombées pendant un mois (saines et attaquées) sur capsules à la récolte sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

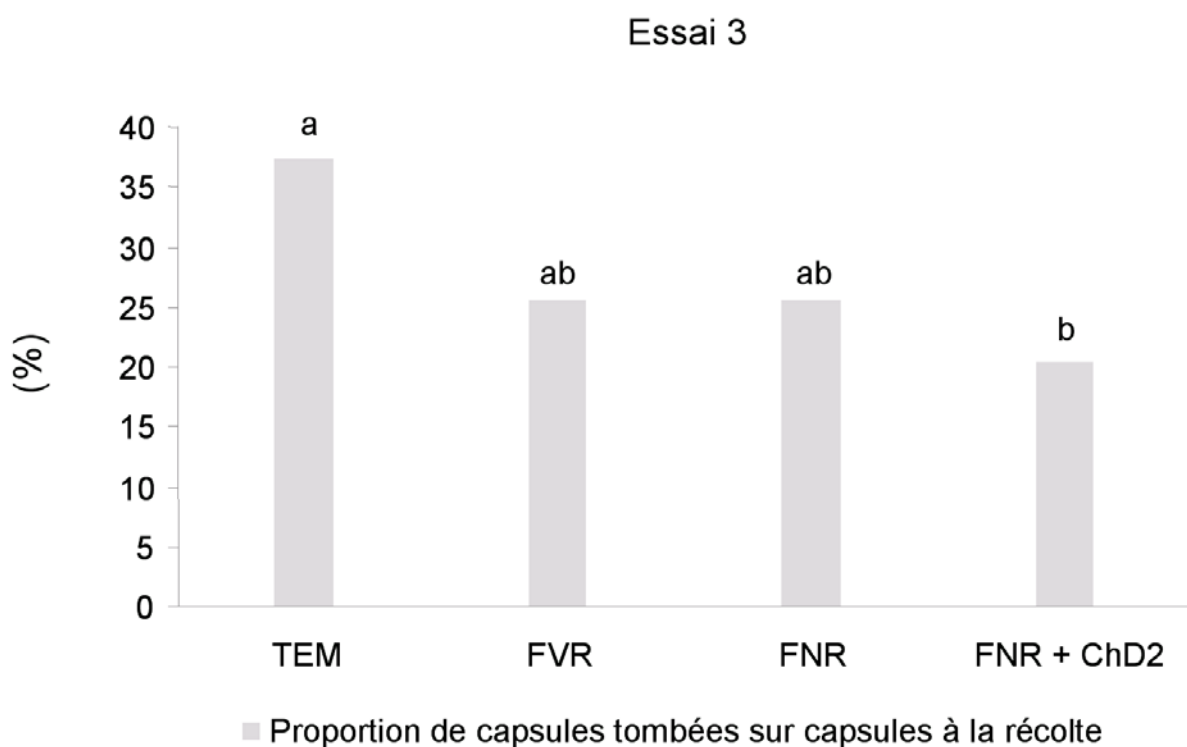


Figure 32 : proportion de capsules tombées pendant un mois (saines et attaquées) sur capsules à la récolte sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; FNR : fumure neutre réduite ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

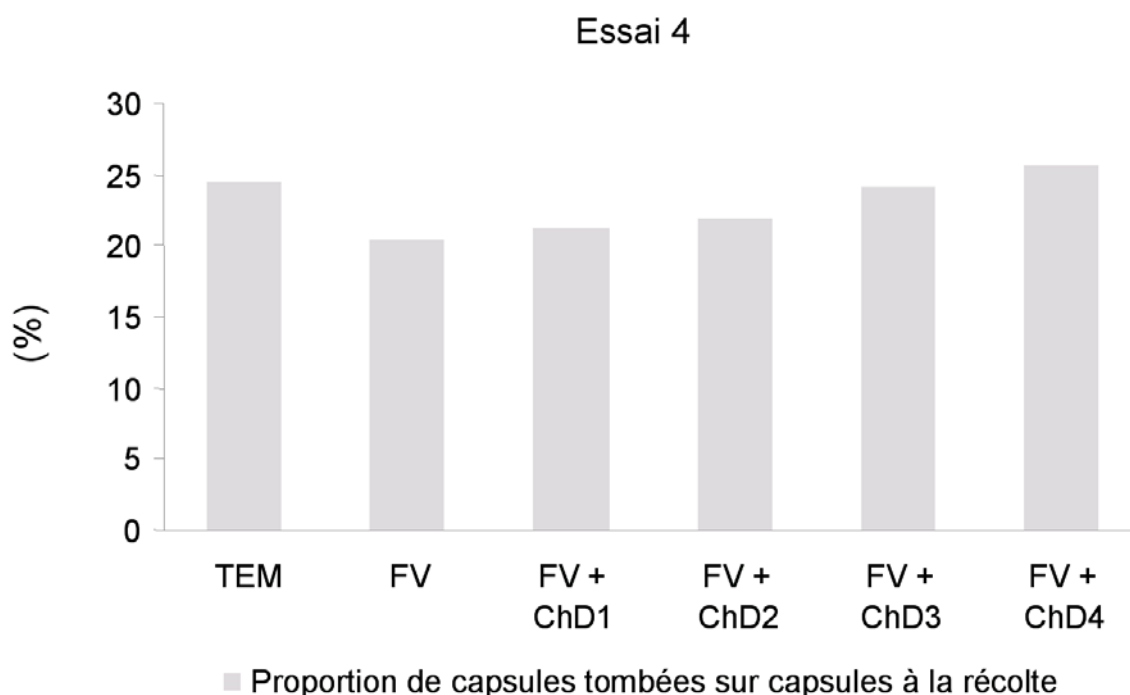


Figure 33 : proportion de capsules tombées pendant un mois (saines et attaquées) sur capsules à la récolte sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

Les parcelles fumées présentent, soit de façon significative (essai 3 et 1), soit seulement de façon arithmétique (essai 2) un taux d'organes tombés rapporté aux capsules présentes à la récolte moins important que les parcelles témoins sans apports. L'essai 4 est par contre donne des valeurs plus homogènes entre les différents traitements. Malgré un shedding plus important, les parcelles fumées présentent un taux de shedding sur capsules restantes plus faible. Un shedding plus élevé n'est donc pas forcément synonyme de stress plus important, mais peut provenir d'une plus grande formation d'organes fructifères du fait d'une meilleure alimentation des plants et mécaniquement d'un shedding plus important, avec au final un nombre de capsules restantes plus important.

3.2 Composantes du rendement et production

3.2.1 *Composantes du rendement*

Densité à la récolte, nombre de capsules (par plants ou par unité de surface) et poids moyen capsulaire (PMC) constituent les composantes du rendement ($rdt = dXcaps \text{ par plant} \times PMC$). Elles donnent une indication sur le moment du cycle de culture au cours duquel des différences éventuelles de production se sont produites.

3.2.1.1 Densité à la récolte

Les densités à la récolte n'ont pas été observées. Il faut se reporter à la dernière observation réalisée autour du 79^{ième} JAL.

3.2.1.2 Capsulaison

Le comptage s'effectue sur 10 plants par ligne. Le nombre de capsules par unité de surface se calcule avec la densité et complète la donnée. La capsulaison observée sont illustrées par les Figure 29 à Figure 32

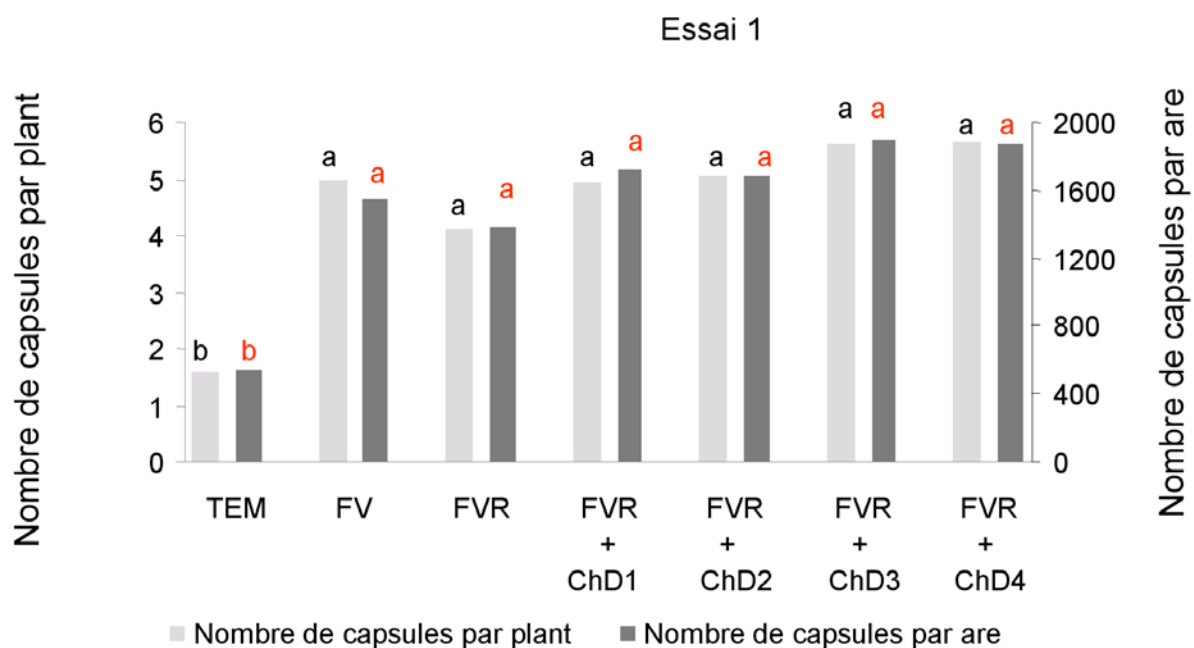


Figure 34 : nombre de capsules par plants et par are à la récolte sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun). Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

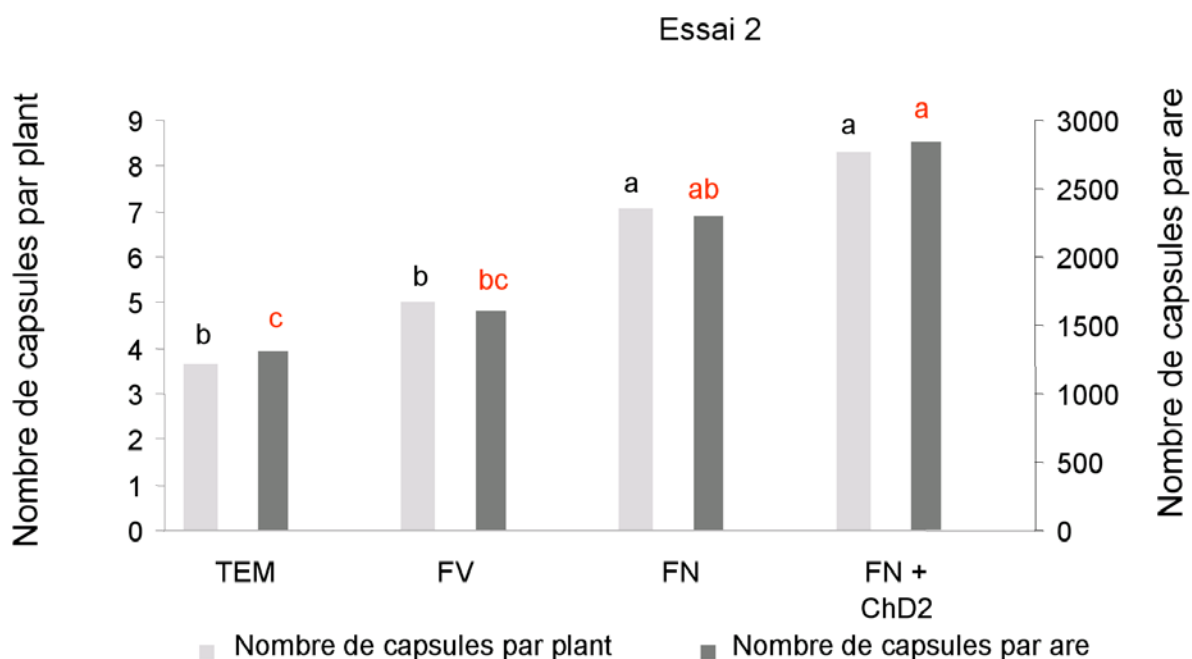


Figure 35 : nombre de capsules par plants et par are à la récolte sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

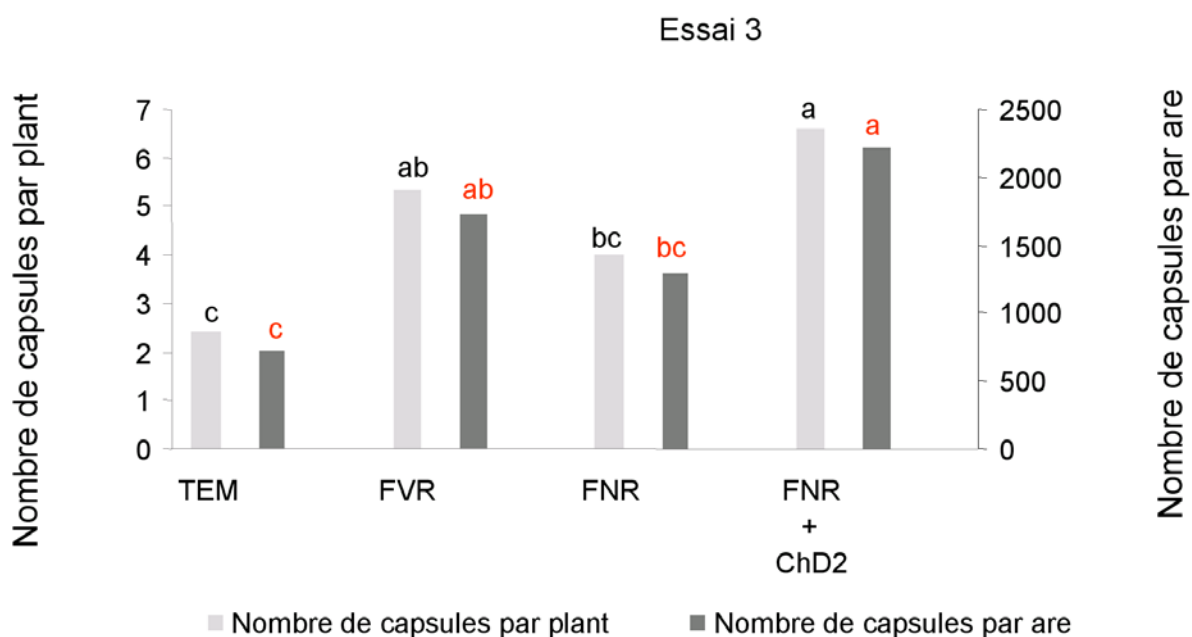


Figure 36 : nombre de capsules par plants et par are à la récolte sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; FNR : fumure neutre réduite ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

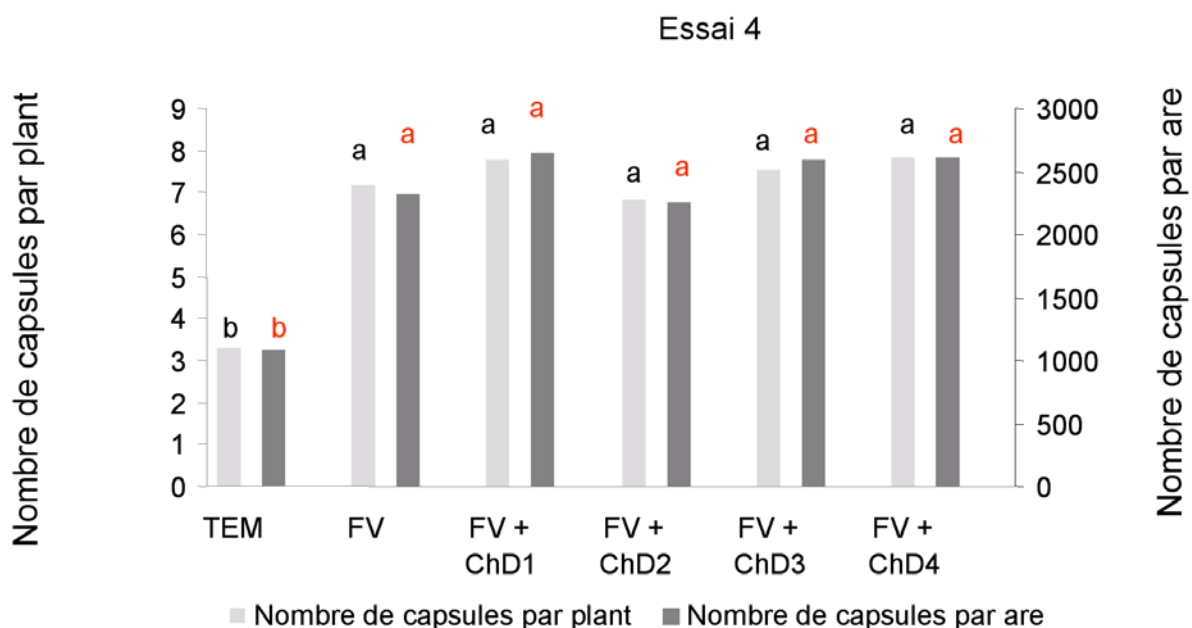


Figure 37 : proportion nombre de capsules par plants et par are à la récolte sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

Les deux types de données, capsules par plant ou par are, se comportent de façon très similaire. Toutes les parcelles fumées présentent une meilleure capsulaison que les parcelles témoins sans apport. La supériorité de la production de ces parcelles a été déjà établie au moment de la formation des capsules (il y avait déjà un impact sur la densité). Ceci est logique, les apports de fumures s'effectuant précocement, les impacts sont également visibles tôt dans le cycle. Sur l'essai 3 et l'essai 2, la parcelle chaulée se comporte mieux que la parcelle avec la même fumure de base sans chaux.

3.2.1.3 Poids moyen capsulaire

Les Figure 33 à Figure 36 illustrent les résultats pour cette variable.

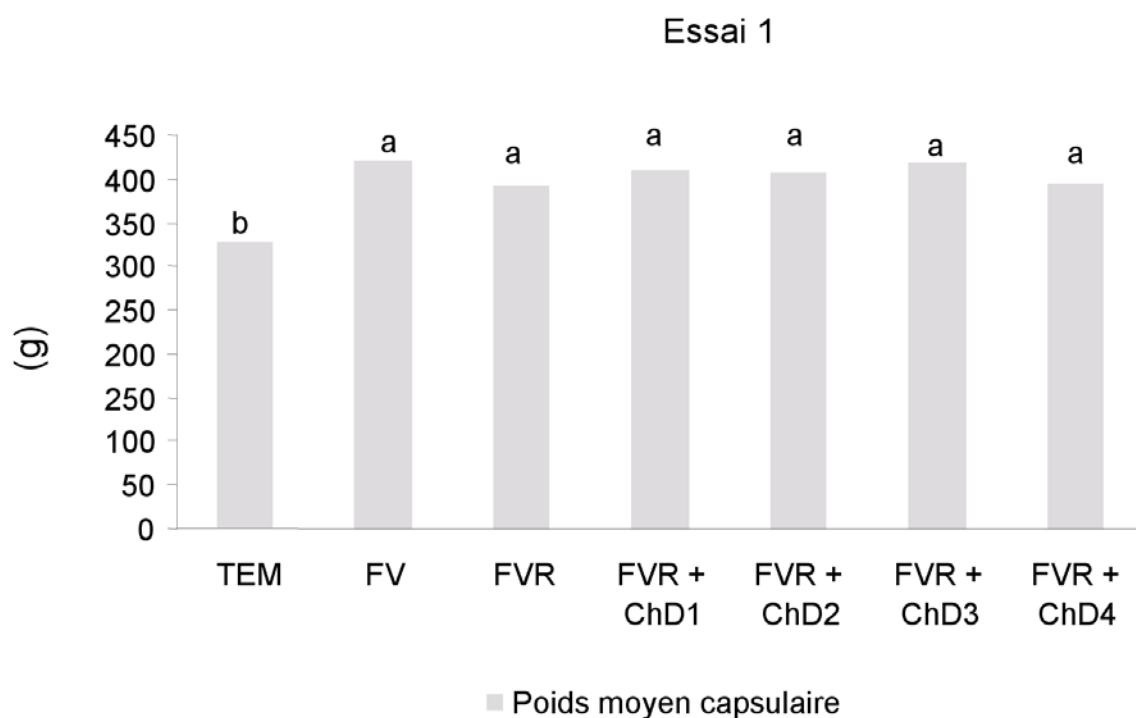


Figure 38 : poids moyen d'une capsule sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun). Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

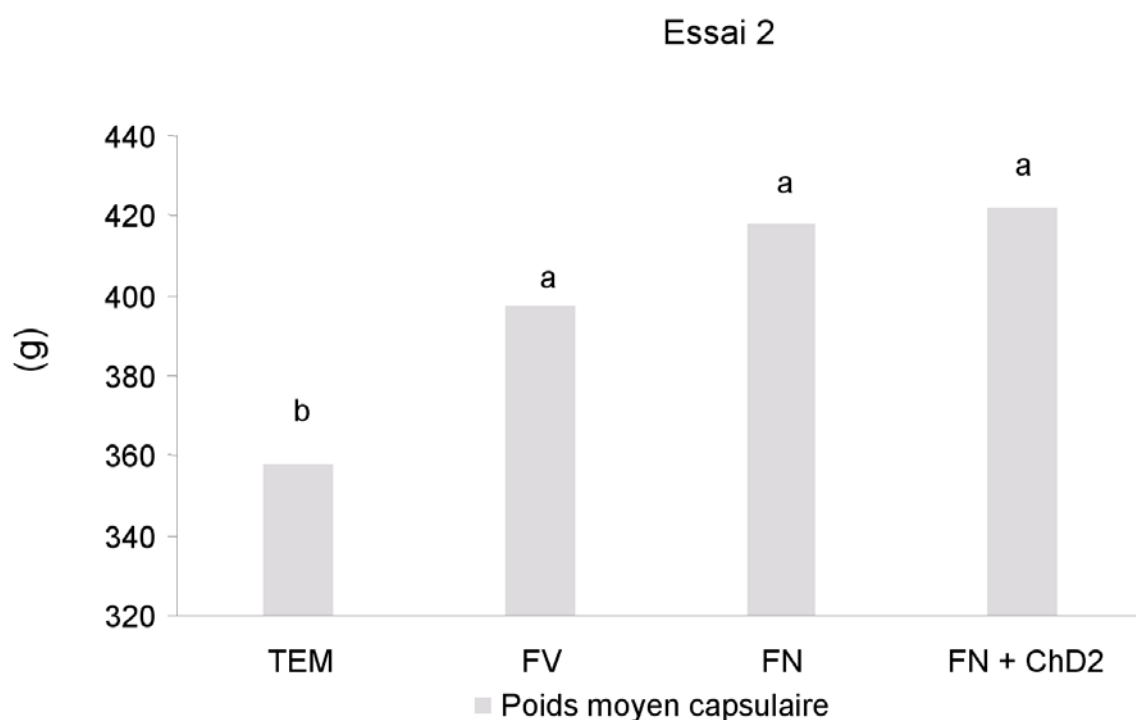


Figure 39 : poids moyen d'une capsule sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

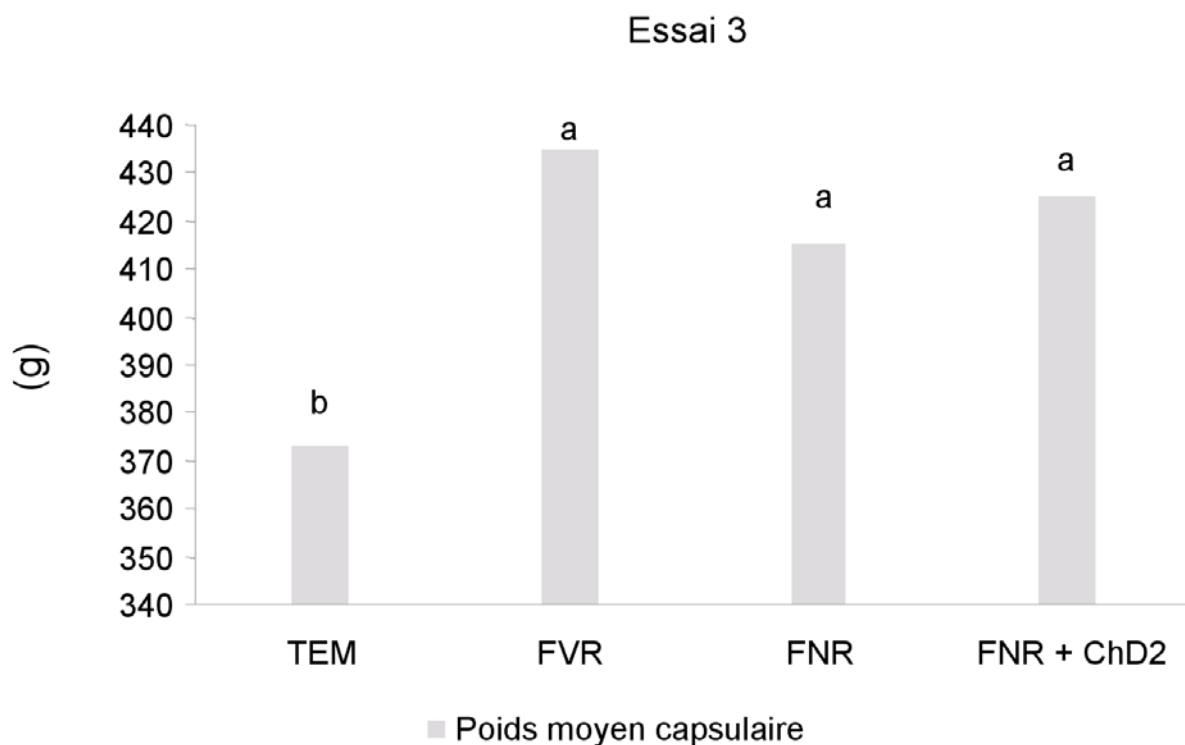


Figure 40 : poids moyen d'une capsule sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; FNR : fumure neutre réduite ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

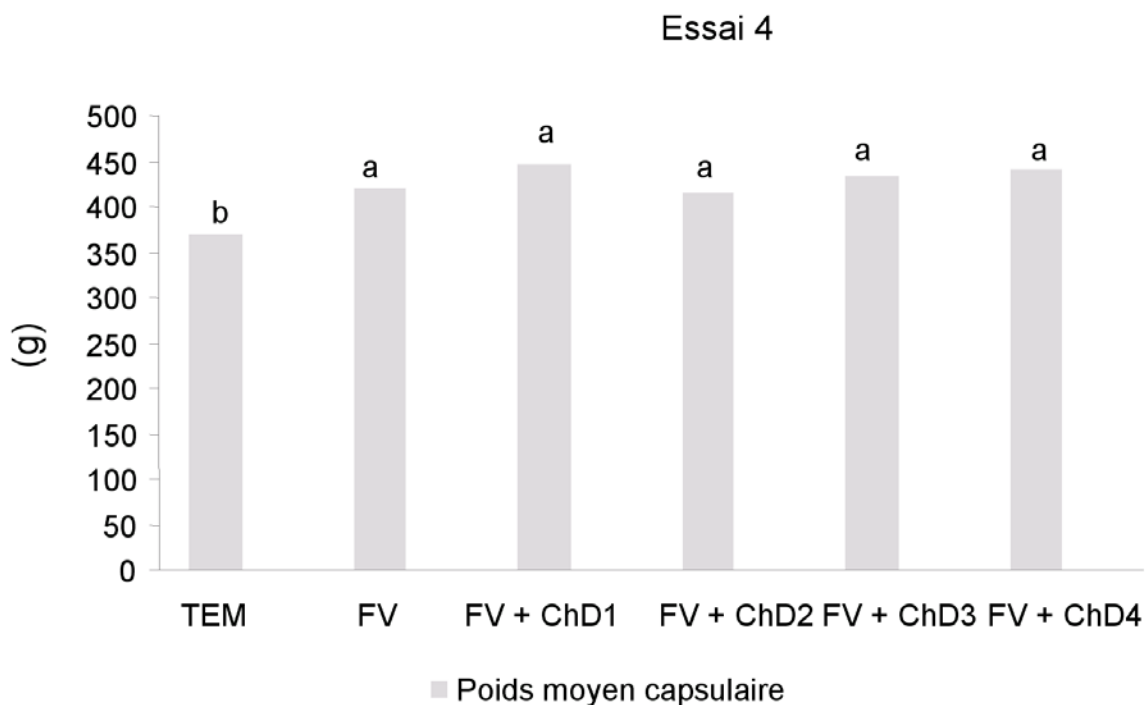


Figure 41 : poids moyen d'une capsule sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

Pour les 4 essais, les parcelles fumées présentent des PMC significativement supérieurs à ceux des parcelles témoins sans apport (figures 38 à 41). Par contre, les différentes fumures sont équivalentes entre-elles. L'effet des fumures se produit donc encore au stade de maturation des capsules.

3.2.2 Production coton-graine

Les Figure 37 à Figure 40 à illustrent les résultats des rendements coton-graine obtenus sur les essais.

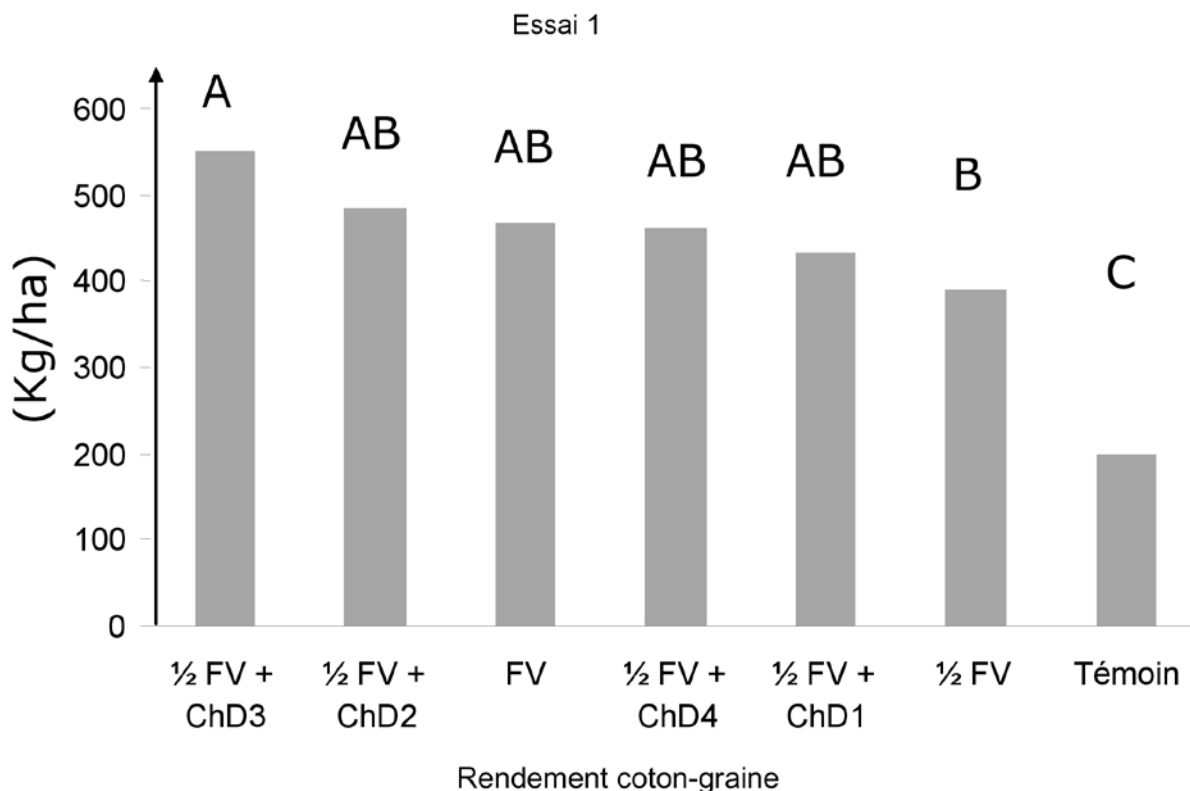


Figure 42 : rendement coton-graine sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun). Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

Sur cet essai, toutes les parcelles fumées ont un rendement significativement supérieur à celui des parcelles témoin. De plus les parcelles chaulées à la dose de 2T/ha ont un rendement significativement supérieur à la fumure vulgarisée réduite.

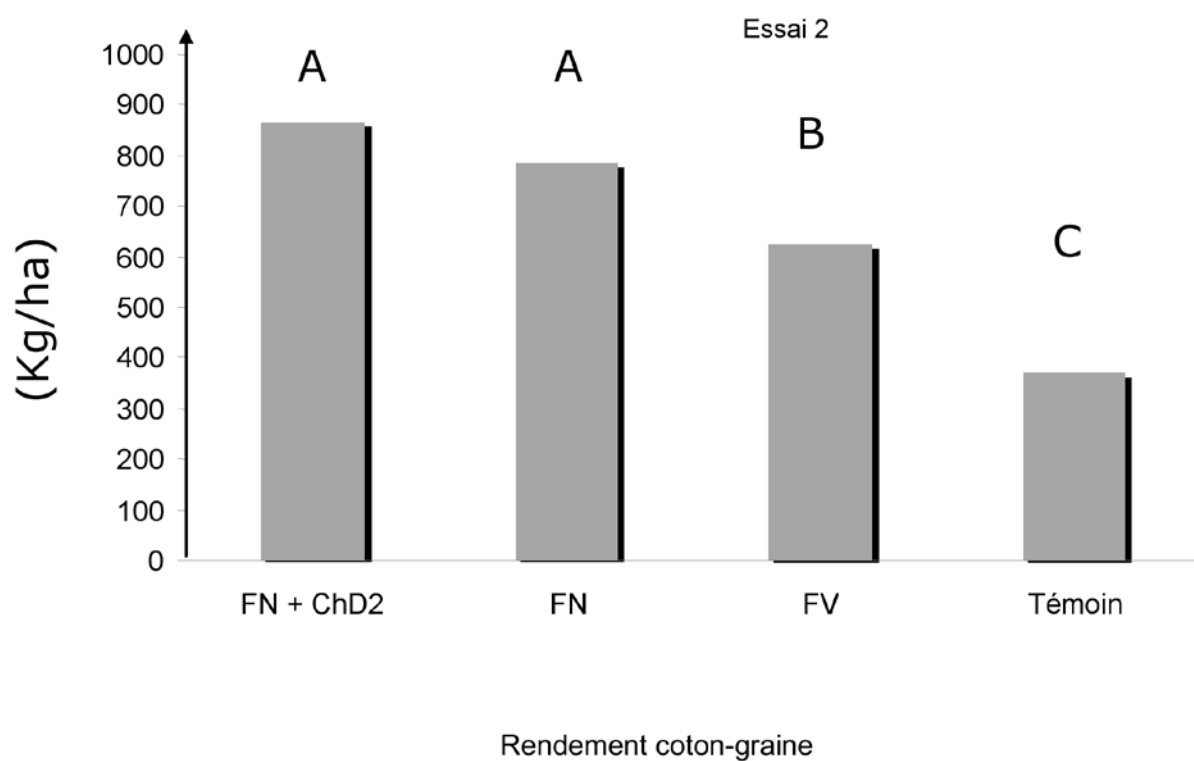


Figure 43 : rendement coton-graine sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

Sur cet essai, toutes les parcelles fumées ont un rendement significativement supérieur à celui des parcelles témoin. De plus les parcelles chaulées à la dose de 1T/ha et celles ayant reçu la fumure neutre ont un rendement significativement supérieur à la fumure vulgarisée.

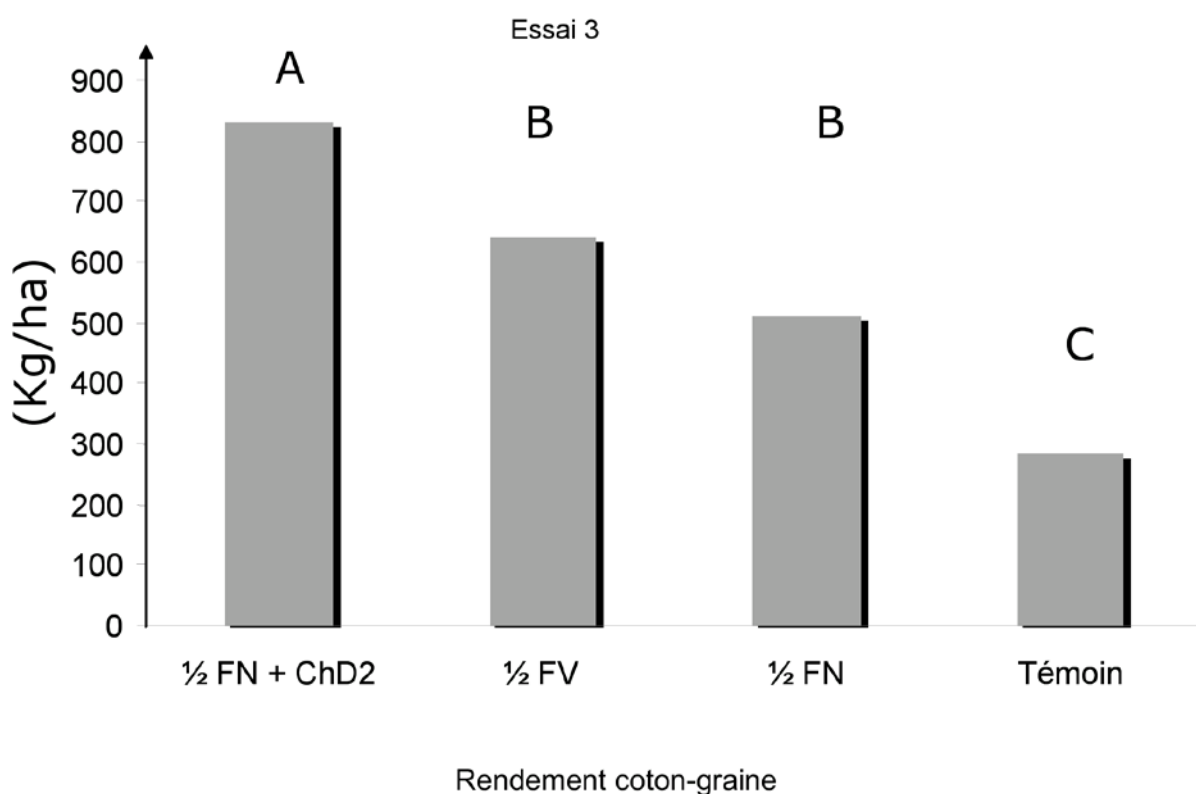


Figure 44 : rendement coton-graine sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

Sur cet essai encore, toutes les parcelles fumées ont un rendement significativement supérieur à celui des parcelles témoin. De plus les parcelles chaulées à la dose de 2T/ha ont un rendement significativement supérieur à la fumure vulgarisée et la fumure neutre réduite, indiquant un plus de la chaux apportée par rapport à la fumure de base.

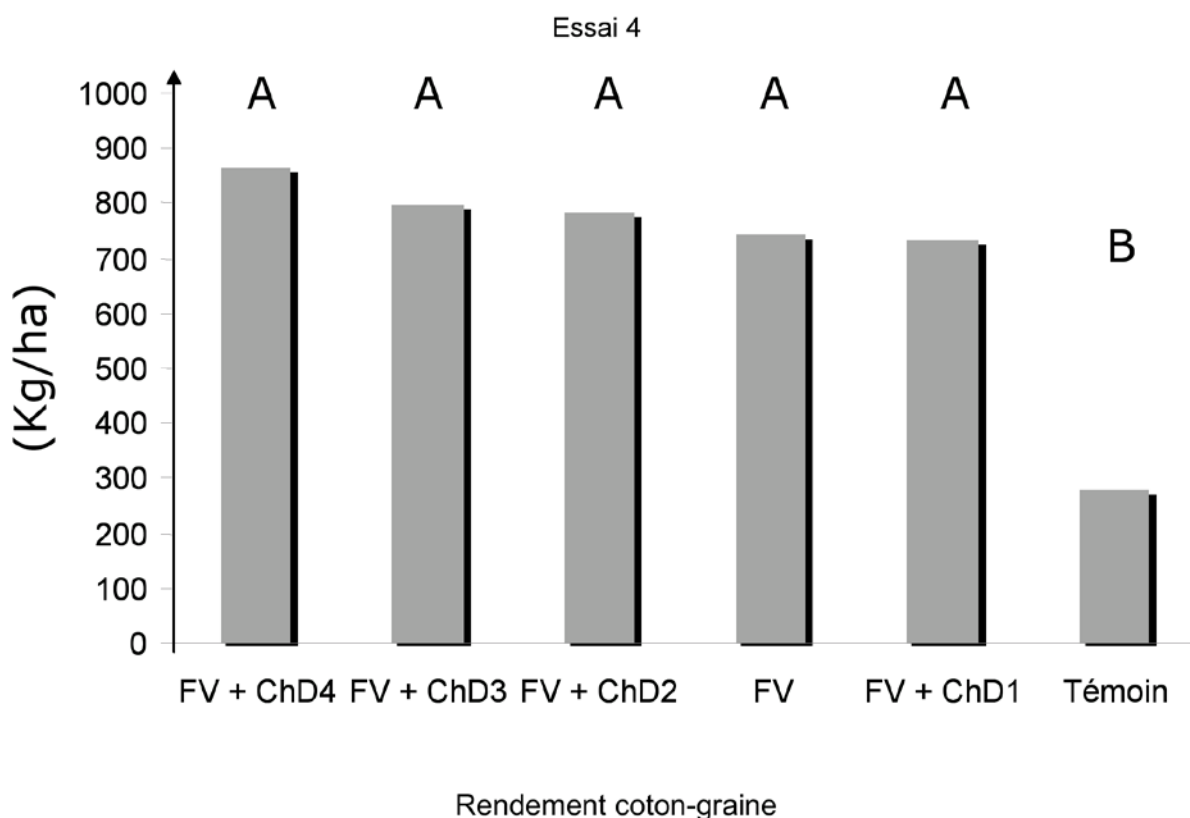


Figure 45 : rendement coton-graine sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

Sur le dernier essai, toutes les parcelles fumées ont un rendement significativement supérieur à celui des parcelles témoin et ressortent équivalentes entre-elles

Les rendements sur ces essais sont faibles, notamment sur les parcelles témoins sans apport ce qui correspond à l'état de dégradation des parcelles très acides. Dans ces conditions, l'apport d'engrais est obligatoire pour obtenir des rendements modérés. La valorisation des engrais est cependant également faible, mais toutes les parcelles fumées dans tous les essais présentent un rendement supérieur à celui des parcelles témoins sans apport.

Les parcelles chaulées avec la fumure de base présentent soit un meilleur rendement que les parcelles avec la même fumure de base, soit un rendement au moins équivalent.

3.2.2.1 Précocité de la production

Elle est donnée par la contribution de la première récolte à la récolte totale. Les figures Figure 45 à Figure 48 illustrent cette variable.

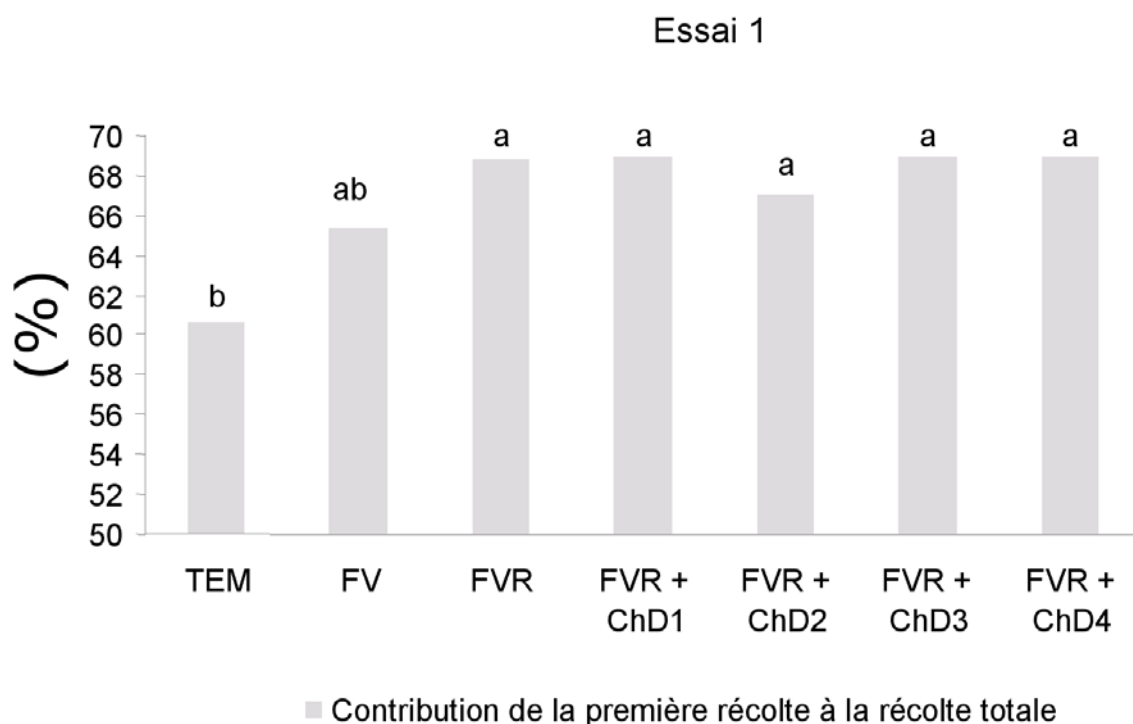


Figure 46 : précocité de la récolte sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun). Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

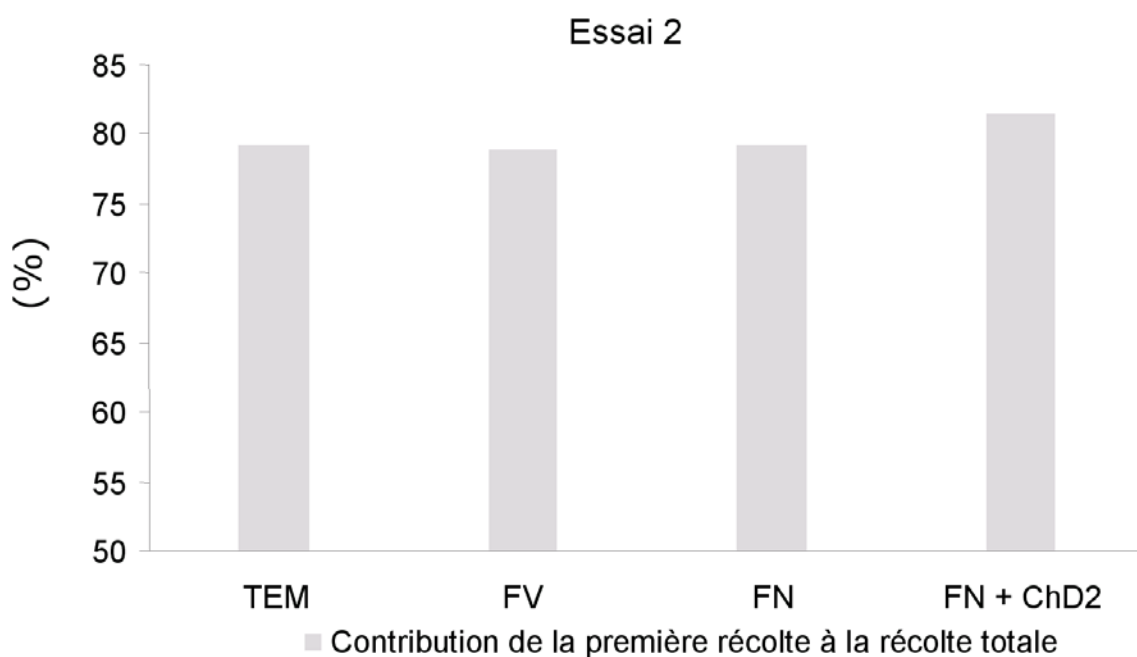


Figure 47 : précocité de la récolte sur l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

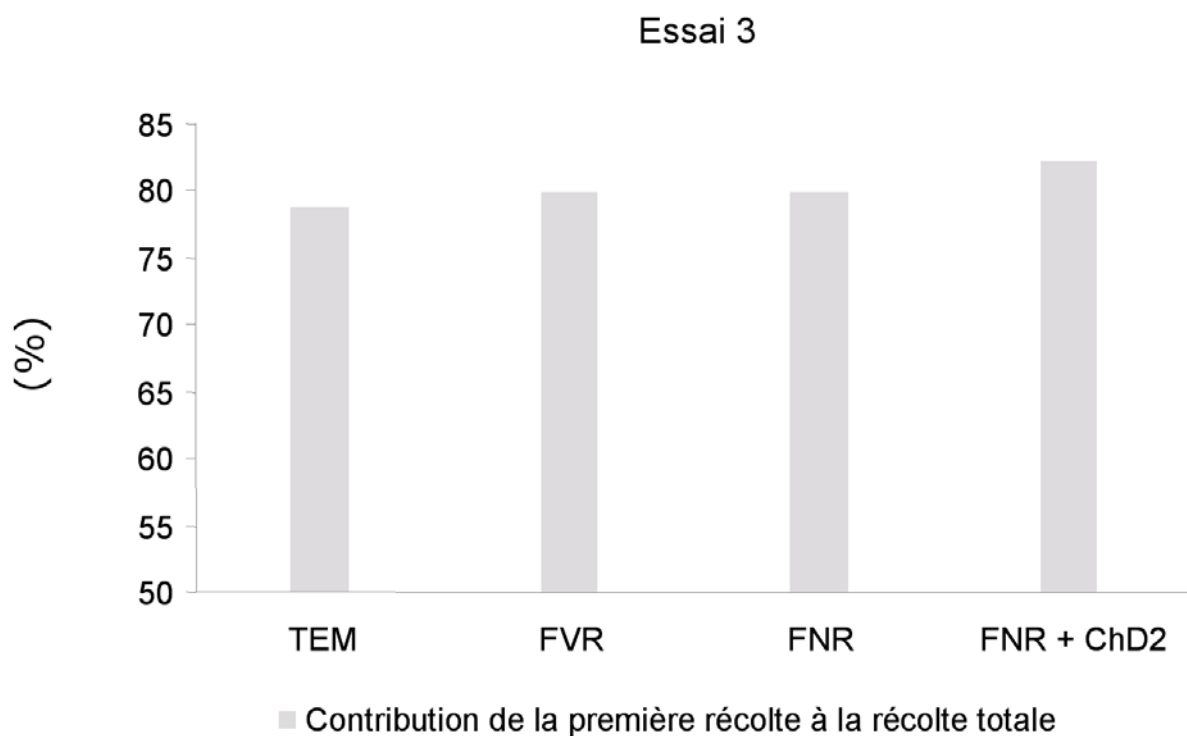


Figure 48 : précocité de la récolte sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; FNR : fumure neutre réduite ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

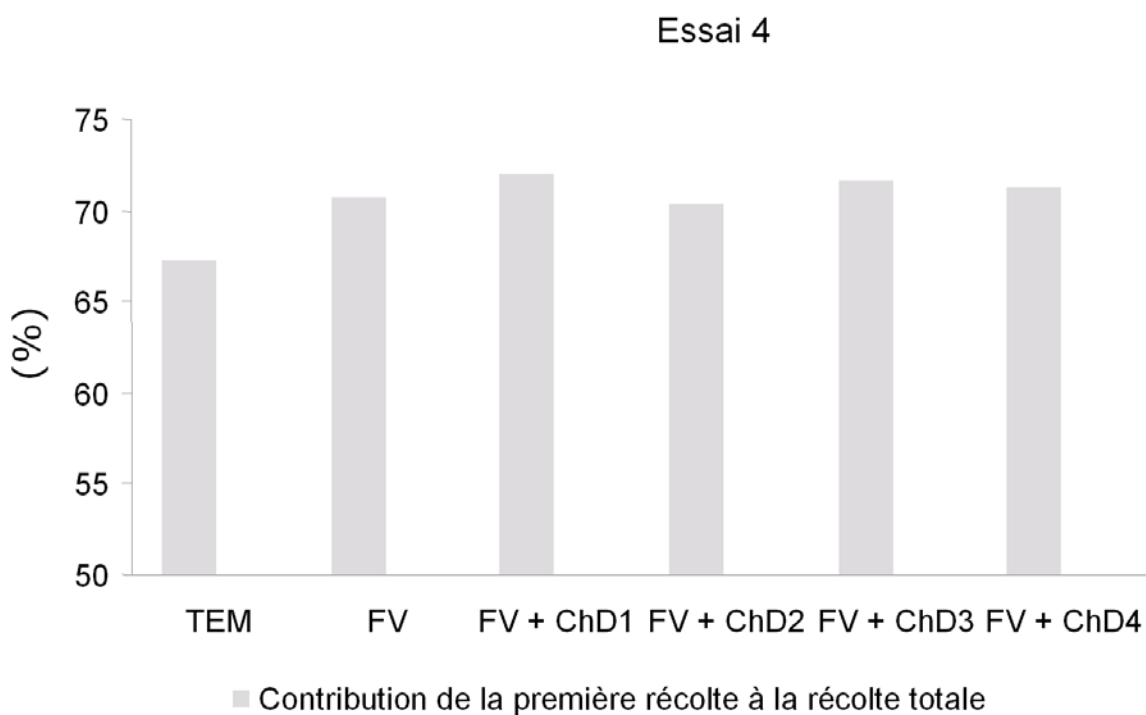


Figure 49 : précocité de la récolte sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

Seul l'essai 1 est significatif, mettant en évidence une récolte un peu plus précoce sur les parcelles où est appliquée la fumure réduite, avec ou sans chaulage. Sur les 3 autres essais, les moyennes sont homogènes.

3.3 Impacts sur l'acidité des sols

Le pH eau et KCl de toutes les parcelles des 4 essais ont été mesurés sur des prélèvements de sols effectués après la récolte.

3.3.1 *pH eau*

Les Figure 49 à Figure 51 illustrent les résultats sur cette variable.

pH eau

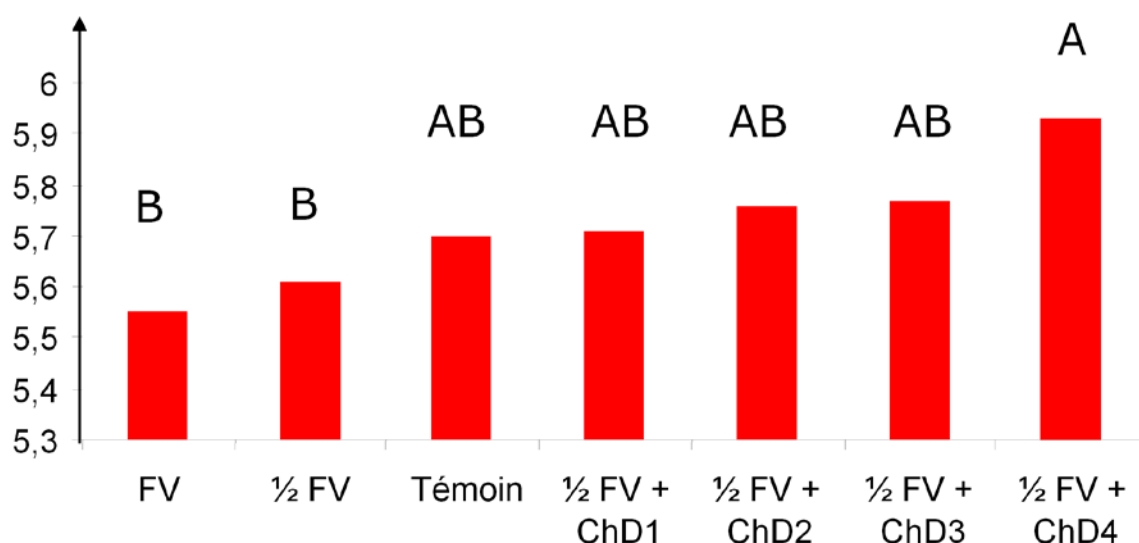


Figure 50 : pH eau des sols mesurés sur l'essai 1 à Djalingo (Nord Cameroun). Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

Sur cet essai, le chaulage à 5T/ha permet de remonter significativement le pH du sol. Les moyennes arithmétiques des parcelles témoins sans apport, parcelles ayant reçu la fumure vulgarisée réduite et parcelles ayant reçu la fumure vulgarisée sont décroissantes, allant dans le sens, sans être significatif, d'une acidification des sols avec l'application de fumure vulgarisée. Un contraste réalisé entre les parcelles ayant reçu la fumure vulgarisée (pH eau 5,55) et l'ensemble des parcelles ayant été chaulées avec une dose de 1 et 2 T/ha (pH eau 5,77) montre une remontée significative de pH par ces doses de chaux.

L'essai 2 ne montre pas de différences significatives pour le pH eau : les moyennes par traitement obtenues sont les suivantes :

Parcelles témoins pH = 5,83

Parcelles avec fumure vulgarisée = 5,72

Parcelles avec fumure neutre = 5,91

Parcelles avec fumure neutre et chaulage à 2T/ha = 5.89

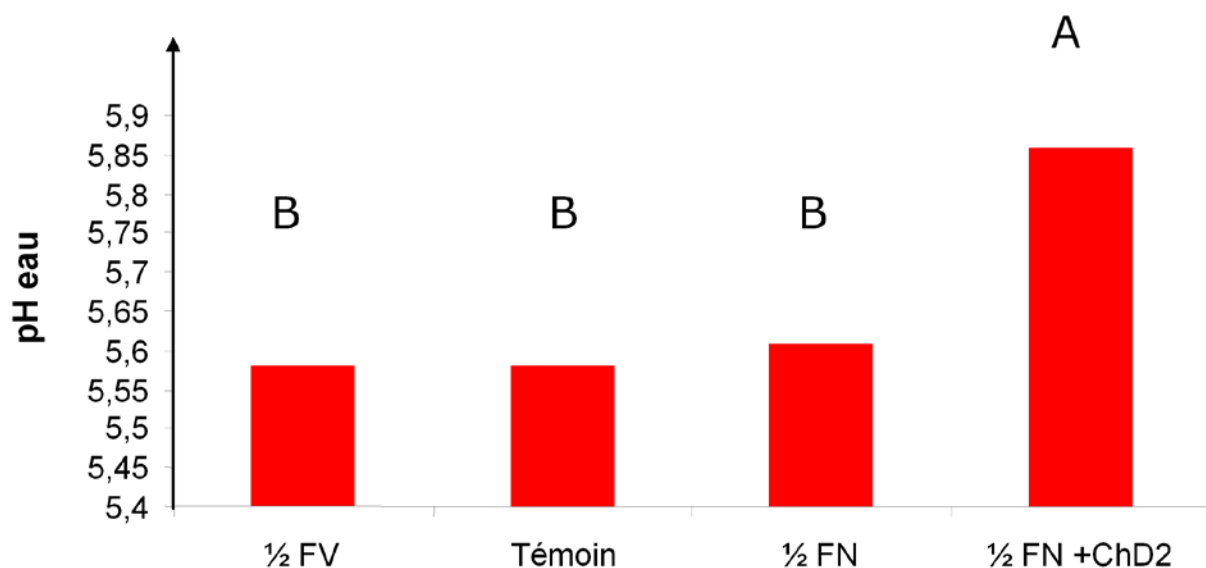


Figure 51 : pH eau sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

Sur l'essai 3, le chaulage à 1T/ha a permis de relever significativement le pH eau des parcelles de 0,28 point.

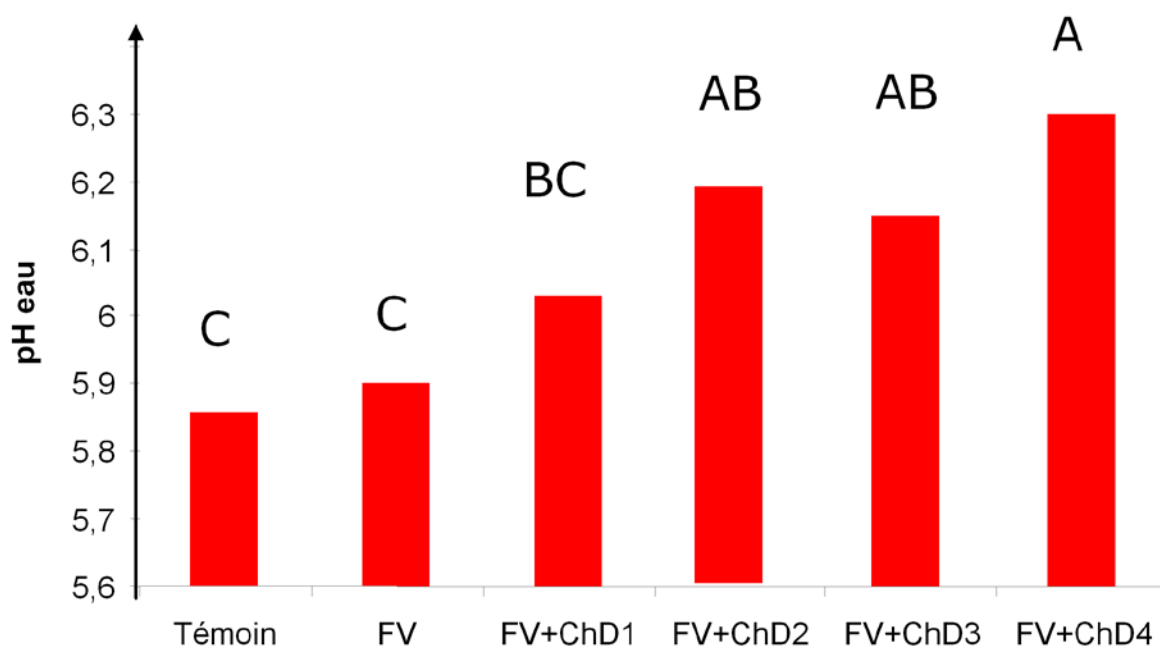


Figure 52 : pH eau sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

Sur l'essai 4, les parcelles chaulées à 1, 2 et 5 T/ha augmentent significativement et respectivement le pH de 0,28 ; 0,24 et 0,53 point (figure 52).

3.3.2 pH KCl

Les Figure 52 à Figure 55 illustrent les résultats sur cette variable.

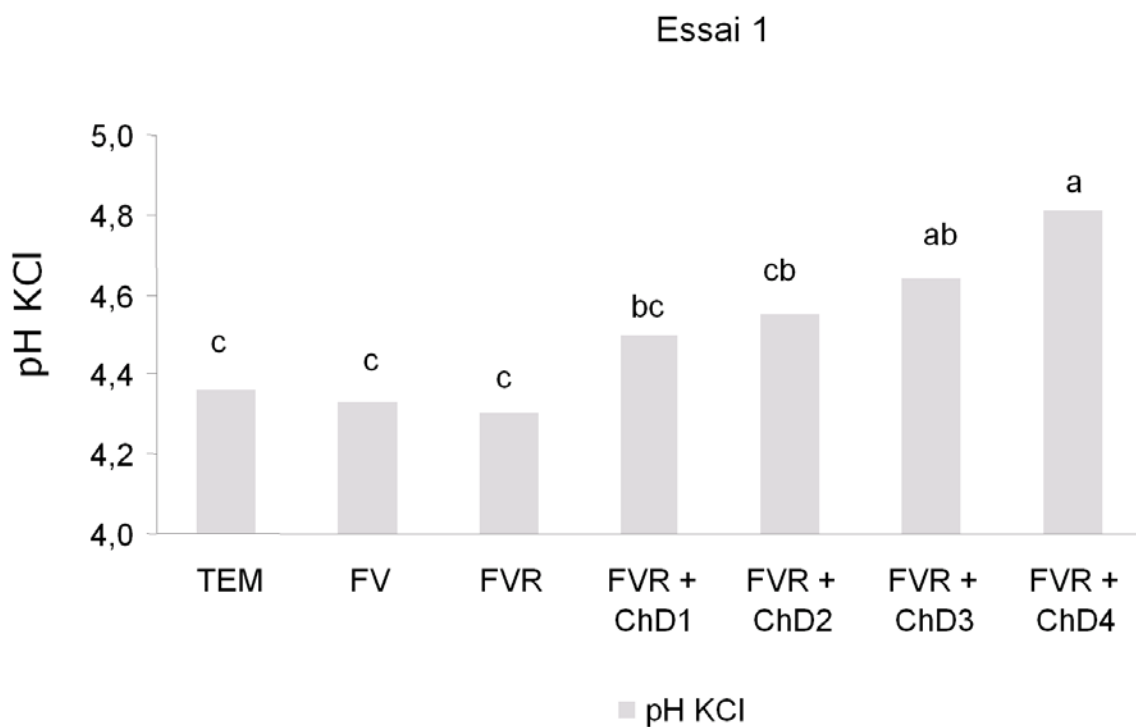


Figure 53 : pH KCl des sols mesurés sur l'essai 1 à Djalango (Nord Cameroun). Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FVR: fumure vulgarisée réduite ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

L'impact des parcelles chaulées sur le pH KCl est plus important et démonstratif que le sur le pH eau : la dose 5T/ha et 2T/ha permettent de remonter significativement le pH KCl.

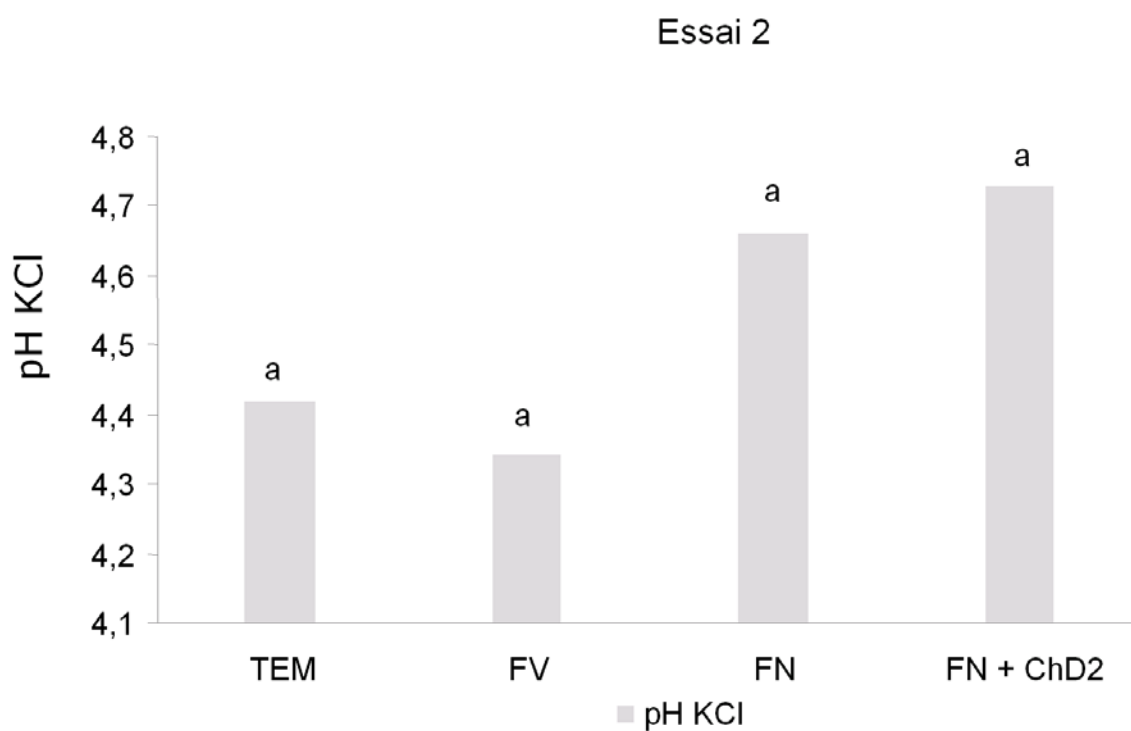


Figure 54 : pH KCl l'essai 2 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée ; FN : fumure neutre ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

L'essai 2 est significatif, mais le test de Newman-Keuls ne permet pas de classer les moyennes.

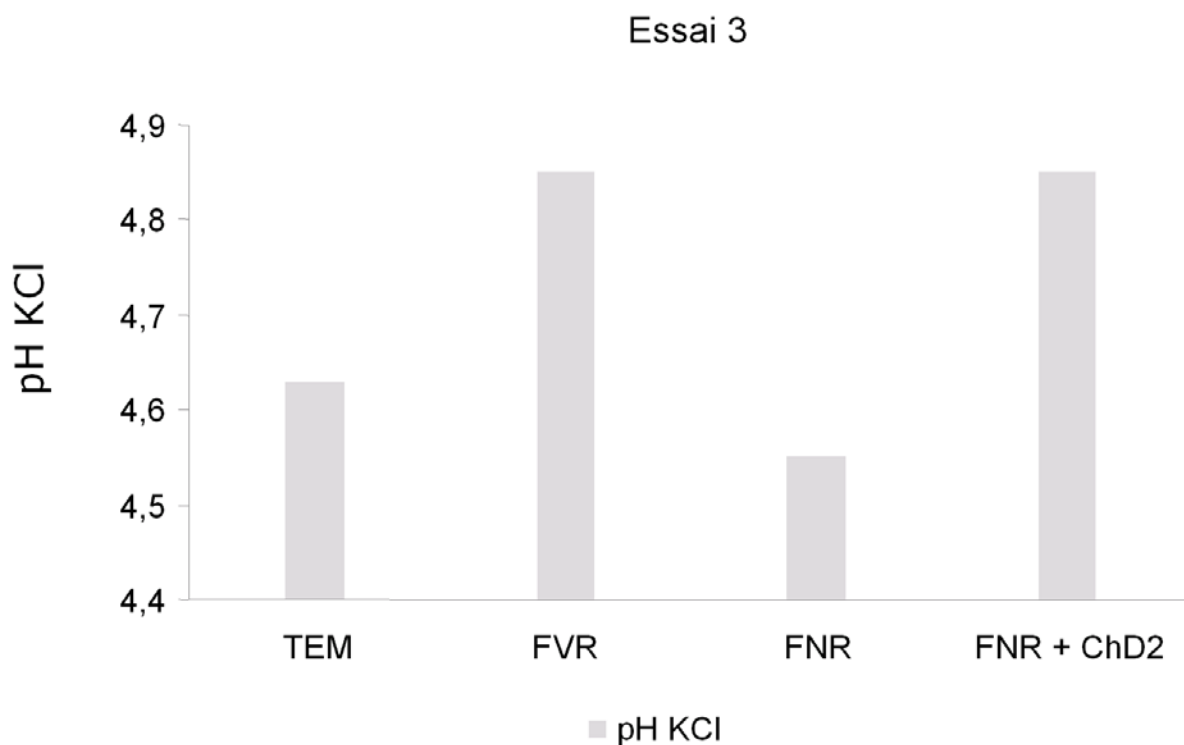


Figure 55 : pH KCl sur l'essai 3 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FVR : fumure vulgarisée réduite ; FNR : fumure neutre réduite ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha. Les séries sans lettres ne font pas apparaître de différences significatives entre traitements par l'analyse de la variance.

L'essai 3 ne fait pas apparaître de différence significative pour le pH KCl.

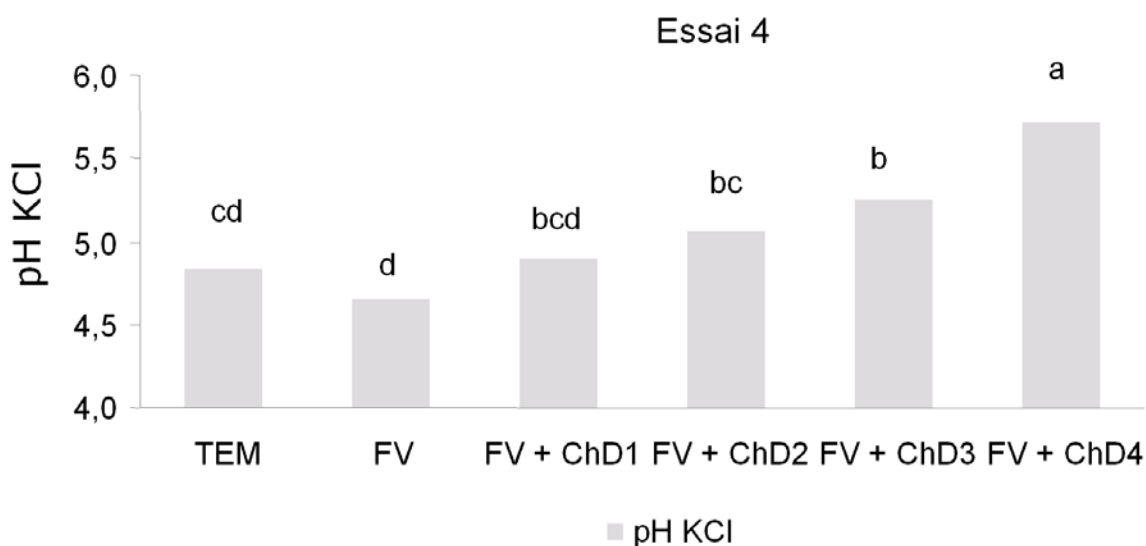


Figure 56 : pH KCl sur l'essai 4 à Djalingo (Nord Cameroun), campagne 2012. Tem : parcelles sans fumure ; FV : fumure vulgarisée; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha. Les moyennes d'une série suivies d'une même lettre ne sont pas différentes par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0,05.

L'essai permet de montrer une augmentation significative du pH KCl avec le chaulage aux doses de 1, 2 et 5 T/ha respectivement de 0,41 ; 0,60 et 1,07 point.

L'impact des doses de chaux, à partir de 1T/ha, est significatif sur le pH eau sur les essais 1, 3 et 4 et sur le pH KCl sur les essais 1 et 4. Malgré les faibles doses de chaux apportées, on peut penser pouvoir remonter le pH des sols de 0,5 point avec deux applications de 1T/ha sur deux rotations et de 1 point avec deux applications de 5T/ha. Cette augmentation suffit à la plupart des sols de la zone cotonnière (voir le volet « indicateur d'acidité des sols) pour présenter un pH > 6,0, voire 6,5 leur permettant de retrouver un pH compatible avec les principales cultures pratiquées (cotonniers, maïs).

3.4 Etude économique

Au niveau des productions obtenues, il s'avère que toutes les parcelles fumées ont une production significativement supérieure à celle des parcelles témoins sans apport. Il est donc possible de comparer l'efficacité économique des différentes formules de fumure appliquées.

Pour ce faire, les prix suivants ont été utilisés :

- prix d'achat du kg de coton-graine : 265 FCFA (1^{er} choix, campagne 2012/2013)
- prix de vente du kg d'engrais de la fumure vulgarisée : 500 FCFA (prix sans subvention campagne 2012/2013)
- prix de vente de la fumure neutre : 500 FCFA
- prix de vente de la chaux agricole : 50 FCFA

Le prix sans subvention a été choisi, car cette subvention peut s'appliquer à différents niveaux sur différentes formules. La fumure neutre a été mise au même prix que la fumure actuellement vulgarisée, car elle apporte les mêmes éléments, mais son coût final réel n'est pas évaluable actuellement. Le prix de la chaux tient compte de sa production locale.

Tableau 1 : valorisation économique des fumures complètes épandues sur les essais de Djalingo, Nord Cameroun, campagne 2012

Rapport coût fumure/valeur production supplémentaire coton-graine due aux apports de fumure	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4
Fumure vulgarisée (FV)	0,71	0,67		1,23
Fumure neutre (FN)		1,11		
½ FV (FVR)	1,01		1,88	
½ FN (FNR)			1,19	

La détermination du coût d'opportunité des différentes fumures a pour résultat un rapport coût fumure/valeur production supplémentaire coton-graine due aux apports de fumure. Quand ce rapport est inférieur à 1, c'est que le supplément de production ne couvre pas le coût de la fumure. Généralement, on estime qu'un rapport supérieur ou égal à 2 est nécessaire pour permettre une bonne diffusion de la fumure. Les Tableau 1 et Tableau 2 résument les données de ces rapports

Tableau 2 : valorisation économique des fumures complètes et chaux épandues sur les essais de Djalingo, Nord Cameroun, campagne 2012. FV : fumure vulgarisée ; FN: fumure neutre ; ChD1 : chaux à 0,5 T/Ha ; ChD2 : chaux à 1 T/Ha ; ChD3 : chaux à 2 T/Ha ; ChD4 : chaux à 5 T/Ha.

Rapport coût fumure/Valeur production supplémentaire coton-graine due aux apports de fumure	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4
½ FV + ChD1	0,83			
½ FV + ChD2	1,37			
½ FV + ChD3	0,63			
½ FV + ChD4	0,23			
FN + ChD2		1,24		
½ FN + ChD2			2,59	
FV + ChD1				0,96
FV + ChD2				1,26
FV + ChD3				0,68
FV + ChD4				0,44

La totalité sauf une des fumures présente un rapport inférieur à 2. La valorisation économique des fumures sans subvention est difficile quand le prix du kg d'engrais est de deux fois celui du coton graine, notamment sur des sols dégradés. En particulier, la fumure vulgarisée seule a un rapport inférieur à 1 dans deux cas sur trois. La fumure neutre et les fumures réduites ont un meilleur rapport. Ces sols ne permettent pas de valoriser la fumure vulgarisée complète. Les formules avec chaux, sauf la dose de 5T/ha donnent de bons rapports, en particulier la dose de 1T/ha, encore plus efficace quand elle est associée avec une fumure réduite (vulgarisée ou neutre).

4 Conclusions et perspectives

Les essais ont montré qu'il est possible de remonter le pH de sols acides avec de petites doses de chaux, seules possibilités envisageable dans le contexte économique de faible capacité d'investissement des producteurs et d'insécurité foncière et que celles-ci, associées à une demi-fumure vulgarisée, ont une meilleure

efficience économique que la fumure vulgarisée. La dose de 1T/ha se détache économiquement et permet de remonter le pH d'un quart de point. Pour ramener le pH des sols dégradés à un niveau convenable, il serait nécessaire d'envisager deux ou trois applications de cette dose de chaux agricole sur la tête de trois rotations. Ensuite, on peut envisager de reprendre l'application de la fumure vulgarisée. La première question est de savoir s'il existe des arrières-effets de ces fumures sur la culture suivante (maïs), puis pré-vulgariser sur sols acides ce protocole de redressement.